



**EKOBIOTEKNOLOGI STRATEGI UNTUK
KONSERVASI EKOSISTEM KARANG:
REKAYASA GENETIKA BAKTERI KARANG**

PIDATO PENGUKUHAN

**Diucapkan pada Upacara Penerimaan Jabatan
Guru Besar dalam Ilmu Bioteknologi Laut
pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Diponegoro**

Semarang, 13 April 2011

Oleh :

AGUS SABDONO

EKOBIOTEKNOLOGI STRATEGI UNTUK KONSERVASI EKOSISTEM KARANG: REKAYASA GENETIKA BAKTERI KARANG

AGUS SABDONO

PIDATO PENGUKUHAN

Diucapkan pada Upacara Penerimaan Jabatan
Guru Besar dalam Ilmu Bioteknologi Laut
pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Diponegoro

Semarang, 13 April 2011



Diterbitkan oleh
Badan Penerbit Universitas Diponegoro
ISBN : 978-979-097-118-9

“ILMU IKU KELAKONE KANTHI LAKU”

Bismillahirrohmannirrohim

Yang saya hormati :

Rektor/Ketua Senat, Sekretaris Senat dan Para Anggota Senat serta Dewan Guru Besar Universitas Diponegoro

Ketua dan Anggota Dewan Penyantun UNDIP

Gubernur Jawa Tengah dan Muspida Provinsi Jawa Tengah atau yang mewakili

Para Pembantu Rektor Universitas Diponegoro

Para Pejabat Sipil dan Militer

Para Dekan dan Pembantu Dekan di Lingkungan UNDIP

Para Ketua dan Sekretaris Lembaga, Direktur dan Asisten Direktur Pascasarjana di Lingkungan UNDIP

Ketua dan Sekretaris Kopertis Wilayah VI Jawa Tengah

Para Rektor/Pimpinan Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta

Para Ketua dan Sekretaris Jurusan di Lingkungan Universitas Diponegoro

Para Ketua dan Sekretaris Program Studi di Lingkungan Universitas Diponegoro

Para Dosen, Karyawan dan Mahasiswa serta Segenap Sivitas Akademika di lingkungan Universitas Diponegoro

Para Tamu Undangan, Sejawat, Kawan Seprofesi, Bapak dan Ibu hadirin, hadhirat, serta handai taulan yang berbahagia

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Selamat pagi dan salam sejahtera*

Ijinkanlah dengan segala kerendahan hati, saya terlebih dahulu mengajak Bapak, Ibu dan Para Hadirin, untuk bersama-sama memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang atas kebesaran rahmat dan karunia-Nya, telah mengizinkan saya untuk berdiri di hadapan Forum Rapat Senat Terbuka Universitas Diponegoro yang mulia dalam suasana yang sungguh membahagiakan. Salam dan salawat, marilah kita sampaikan kepada junjungan kita Nabi besar Rasullullah Muhammad S.A.W. yang kita harapkan syafaatnya.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Rektor/Ketua Senat Universitas Diponegoro, yang telah memberikan kepercayaan dan kehormatan untuk menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar Universitas Diponegoro dalam Rapat Senat Terbuka yang berbahagia ini. Penghargaan dan terima kasih yang tulus disampaikan kepada Bapak-bapak, Ibu-ibu dan Saudara sekalian yang telah meluangkan waktu dan memberikan kehormatan dengan menghadiri upacara pengukuhan saya sebagai Guru Besar di Universitas Diponegoro.

Bapak, Ibu dan Hadirin yang saya muliakan,

Pada kesempatan yang berbahagia ini saya akan menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar dalam bidang Ilmu Bioteknologi Laut dengan judul :

"Ekobioteknologi Strategi Untuk Konservasi Ekosistem Karang: Rekayasa Genetika Bakteri Karang"

PENDAHULUAN

Bapak, Ibu dan Hadirin yang saya muliakan,

*Indonesia memiliki sumber
keanekaragaman hayati
karang terbesar di dunia*

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana sebagian besar dari pulau-pulau tersebut dialiri oleh sungai-sungai yang mengalir ke

laut, sehingga banyak terdapat daerah pertemuan antara massa air sungai yang datang dari darat dan massa air laut. Daerah lautan seluas 6 juta kilometer persegi memanjang sejauh 6.000 km dari benua Asia hingga relung Pasifik merupakan lingkungan fisik yang dominan untuk kepulauan Indonesia, karena laut mempunyai berbagai macam fungsi antara lain sebagai sarana transportasi, batas penyebaran biota, namun juga sebagai tempat pembuangan sampah dan limbah industri. Letak geografis yang strategis di daerah khatulistiwa, di antara dua benua Asia dan Australia, serta diapit oleh dua samudera Pasifik dan Hindia menjadikan perairan Indonesia memiliki potensi sumberdaya hayati cukup tinggi yang umumnya terlokalisir di perairan laut dangkal. Sumberdaya hayati laut dangkal yang memiliki nilai penting karena kekayaan dan keragaman yang paling lengkap di dunia adalah terumbu karang, di samping sistem mangrove dan lamun.

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem di dasar laut tropis yang dibangun terutama oleh biota laut penghasil kapur khususnya jenis karang batu dan alga berkapur, bersama-sama dengan biota yang hidup di dasar lainnya seperti jenis-jenis moluska, krustasea, ekinodermata, polikhaeta, porifera, dan tunikata serta biota lain yang hidup bebas di perairan sekitarnya termasuk jenis plankton dan

jenis ikan (Sukarno, 1995). Ekosistem terumbu karang (*coral reefs*) mempunyai banyak faedah dalam mencukupi kebutuhan manusia, seperti obat - obatan, bahan budidaya, rekreasi dan bahan makanan (udang-udangan, kerang-kerangan, oktopus, dan rumput laut). Di samping itu juga berfungsi sebagai daerah pemijahan (*spawning*), pengasuhan (*nursery*), tempat mencari makan (*feeding ground*), dan pembesaran (*rearing*) dari beberapa jenis ikan, serta sebagai penghalang pantai yang dapat mencegah terjadinya erosi pantai (Sukarno, 1995). Total luas terumbu karang di dunia adalah 284.300 km² dan di Indonesia diperkirakan penyebaran biota ini meliputi wilayah seluas 51.174 km² atau 18% dari total keseluruhan (<http://www.goblue.or.id/>). Sampai saat ini, sudah ditemukan sebanyak 590 jenis karang di laut Indonesia yang termasuk dalam 83 marga karang atau 80 persen karang yang ada di dunia (Suharsono, 2007).

Yang terhormat Ketua Senat, Sekretaris Senat, Para Anggota Senat dan Hadirin yang berbahagia,

*Meningkatnya pencemaran
menyebabkan menurunnya kualitas
lingkungan yang sangat merugikan
bagi keseimbangan ekosistem*

Saat ini kondisi terumbu karang Indonesia berada dalam kondisi yang sangat memprihatinkan. Banyak permasalahan dan tekanan lingkungan yang dihadapi ekosistem terumbu karang. Pencemaran garam-garam dari berbagai senyawa halogen dan logam berat pada perairan pantai utara Jawa yang disebabkan oleh limbah industri dan meningkatnya penggunaan bahan pestisida di dalam bidang pertanian, menyebabkan tidak berfungsinya dan menurunnya kualitas

lingkungan yang sangat merugikan bagi keseimbangan ekosistem terumbu karang. Kondisi tersebut semakin diperburuk seiring dengan bertambahnya hunian di daerah pantai yang berdekatan dengan habitat karang. Meningkatnya kegiatan konstruksi dan industrialisasi juga menyebabkan siltasi dan turbiditas semakin meningkat. Adanya kegiatan pengerukan dan *runoff* dan melimpahnya nutrisi akibat pembuangan sampah (eutrofikasi) juga semakin menambah situasi yang tidak menguntungkan bagi ekosistem karang. Eksploitasi sumberdaya hayati karang yang berlebihan dan terdegradasinya habitat karang semakin mempercepat kepunahan karang dari yang diduga sebelumnya. Diperkirakan 10 persen dari terumbu karang di dunia mengalami degradasi yang tidak mungkin akan kembali pulih. Tigapuluh persen karang dalam kondisi kritis dan dapat mati dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun. Para pakar meramalkan bahwa jika kondisi tekanan yang dialami sekarang dibiarkan terus menerus, maka 60 persen dari total terumbu karang di dunia dapat punah seluruhnya pada tahun 2050 (CRTF, 2000). Sebagian besar para ilmuwan percaya degradasi karang terjadi sebagai respon atas tekanan alami (natural) dan anthropogenik (disebabkan manusia). Tekanan lingkungan tersebut berpengaruh terhadap sensitivitas karang dan meningkatnya virulensi pathogen. Perubahan kondisi lingkungan justru lebih memungkinkan pathogen berkembang biak lebih cepat dan meningkatkan kemampuan pathogen di dalam menginfeksi karang yang sensitif. Hasil-hasil penelitian melaporkan bahwa pencemaran pestisida, logam berat dan serangan penyakit menyebabkan menurunnya kondisi ekosistem karang. Suharsono (2007) melaporkan bahwa kondisi terumbu karang di Indonesia adalah 5,2 persen dalam kondisi sangat

baik, 24,2 persen dalam kondisi baik, 37,3 persen dalam kondisi sedang dan 33,1 persen dalam kondisi buruk.

Strategi ekobioteknologi merupakan salah satu alternatif untuk konservasi

Berbagai upaya yang telah dilakukan untuk melestarikan sumberdaya hayati karang. Penerapan beberapa strategi untuk

konservasi ekosistem karang telah dilakukan, misalnya, strategi penanganan secara terpadu pemahaman ekosistem karang (*coral mapping, monitor, assess and inventory coral health, conduct strategic research, understand the human dimension*), strategi penurunan dampak buruk ulah manusia (*reduce impacts of extractive uses, habitat destruction, pollution, global threats to coral reefs, international trade in coral reef resources, restore damaged reefs, improve interagency accountability and coordination, create an informed public, expand and strengthen networks of marine protected areas*)(CRTF, 2000), strategi konservasi karang berbasis masyarakat (Coremap), strategi marikultur, *artificial reefs* dan sebagainya.

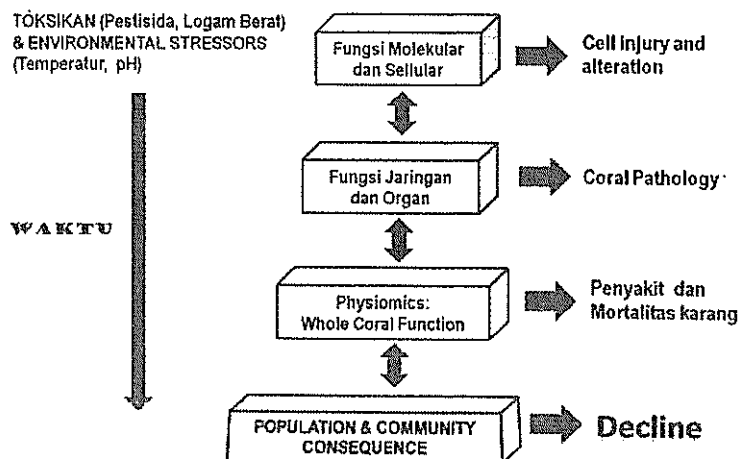
Meskipun beberapa strategi menunjukkan keberhasilan sistem konservasi, namun rehabilitasi dan perlindungan terumbu karang tetap membutuhkan penanganan secara ekstensif yang sangat perlu didukung oleh bioteknologi. Tampaknya bioteknologi lingkungan laut (*environmental marine biotechnology*) merupakan salah satu alternatif yang menjanjikan untuk dapat menjawab permasalahan tersebut, walaupun dalam penerapannya masih ditemukan beberapa kendala karena bidang ilmu ini masih *infancy*. Bioesai dengan menggunakan sistem mikrobial banyak disarankan dalam mendeteksi polutan toksik di perairan. Kemajuan teknologi dan sains yang semakin pesat telah berhasil mengembangkan

suatu sistem katalis biologi dalam mengelola limbah berbahaya untuk mendegradasi, mendetoksikasi, atau mengakumulasi polutan tersebut. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa genus bakteri yang diisolasi dari tanah dan perairan sungai (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*) mampu mendegradasi pestisida (Sinton *et al.*, 1986; Chaudry and Huang, 1988), dan resisten/mengadsorpsi logam berat (Rathnayake *et al.*, 2009; Nies, 1999; Zhang *et al.*, 2007). Namun belum ada seorangpun peneliti yang tertarik untuk melakukan eksplorasi bakteri karang dan pemanfaatannya dalam kaitannya dengan kemampuan mendegradasi senyawa pestisida dan mengadsorpsi logam berat. Demikian pula dengan munculnya penyakit misterius yang menyerang jaringan karang sebagai akibat dari tekanan lingkungan tinggi, berdasarkan penelusuran pustaka dan pengunduhan melalui jaringan internet, belum ditemukan adanya peneliti lain di Indonesia yang tersentuh untuk mencermati fenomena serangan penyakit karang. Padahal hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan Sabdono dan Radjasa (2006) di Kep. Karimunjawa menunjukkan adanya *causative agent* yang berbeda pada penyakit *Black band disease* (BBD) yang sama seperti pada *outbreak disease* BBD yang terjadi di Kep. Karibia ataupun *Great Barrier Reef* Australia.

Bapak, Ibu dan Hadirin yang saya muliakan,

Makalah pidato ilmiah ini berisi tentang usaha-usaha untuk melestarikan ekosistem terumbu karang Indonesia di dalam menghadapi tekanan lingkungan dan serangan penyakit melalui pendekatan ekobioteknologi. Pendekatan tersebut dilakukan melalui beberapa penelitian tekanan

lingkungan, khususnya pencemaran pestisida, metal berat dan penyakit pada ekosistem karang. Tekanan lingkungan tinggi membunuh organisme karang dengan cara merusak sistem pertahanan mulai dari tingkat rendah pada hierarki biologi: molekuler, seluler, organ karang secara individu, populasi dan komunitas ekologi. Dengan mengeksplorasi bakteri karang yang memiliki kemampuan mendegradasi pestisida, mengadsorpsi logam berat dan memproduksi senyawa anti-pathogen penyakit karang diharapkan dapat memperoleh piranti yang diperlukan di dalam mencegah terjadinya krisis lingkungan dalam skala ekosistem (Gambar 1). Hasil dari penelitian ini merupakan materi dasar penelitian selanjutnya di dalam upaya melestarikan ekosistem karang melalui teknik rekayasa genetika dengan merakit gen yang menyandi karakter-karakter tersebut. Target akhir yang ingin dicapai adalah aplikasi bakteri karang 'superbug' untuk konservasi ekosistem karang ke depan.



Gambar 1. Science of art degradasi karang (diadopsi dari *cellular diagnostic* oleh Down et al., 2005)

BIOTEKNOLOGI LAUT: OVERVIEW

Bapak Ketua Senat, Bapak dan Ibu Anggota Senat, serta Hadirin yang saya hormati,

Bioteknologi secara luas didefinisikan sebagai biologi terapan, yaitu merupakan cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, jamur, virus dan lainnya) maupun hasil produknya di dalam proses produksi untuk menghasilkan barang dan jasa. Dalam definisi tersebut seolah bioteknologi terbatas hanya pada penggunaan makhluk hidup untuk menghasilkan produk ataupun di dalam menjalankan suatu proses. Namun pada akhir dekade ini istilah bioteknologi lebih sering diterapkan pada aplikasi biologi pada aras molekular atau genom, dimana materi genetik dimanipulasi untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Penemuan obat-obatan baru, 'sidik jari' DNA, amplifikasi gen dan sekuensing, dan penggunaan teknik rekombinan DNA untuk merekayasa genetika (*genetically engineered organism*), merupakan beberapa usaha keras para ilmuwan didalam menginterpretasikan bioteknologi.

Bioteknologi laut : bidang ilmu baru (infancy) yang cakupannya sangat luas

Bioteknologi laut merupakan bidang ilmu baru (*infancy*) yang cakupannya sangat luas. Meskipun diakui bahwa masih sedikit bentuk kehidupan laut yang diketahui, misalnya kehidupan organisme laut dalam, namun di masa mendatang, ilmu ini sepertinya bisa merubah pandangan kita tentang biodiversitas secara global. Para ilmuwan Bioteknologi Laut mendefinisikan sebagai berikut: *Marine biotechnology as "the exploration of the capabilities*

of marine organisms at the whole, cell, or molecular level, to provide solutions to today's problems, with the use of technology to advance the understanding and accessibility of marine biological material." (www.marinebiotech.org).

Dewasa ini, perkembangan bioteknologi tidak hanya didasari pada biologi semata, tetapi juga didasari pada ilmu-ilmu terapan dan murni lain, seperti biokimia, komputer, biologi molekular, mikrobiologi, genetika, kimia, matematika, dan lain sebagainya. Dengan kata lain, bioteknologi adalah ilmu terapan yang menggabungkan berbagai cabang ilmu dalam proses produksi barang dan jasa. Saat ini bioteknologi berkembang sangat pesat, terutama di negara-negara maju. Kemajuan ini ditandai dengan ditemukannya berbagai macam teknologi seperti rekayasa genetika, rekombinan DNA, *stem cell*, kloning, dan lain-lain. Di bidang lingkungan, penerapan bioteknologi dapat dijumpai pada pelestarian lingkungan hidup dari polusi, misal, pada penguraian minyak bumi yang tertumpah ke laut oleh bakteri, dan penguraian zat-zat yang bersifat toksik di sungai atau laut dengan menggunakan bakteri jenis baru.

Besarnya biodiversitas dan keunikan genetik dari organisme merupakan elemen dasar dari disiplin ilmu ini. Diversitas sistem kehidupan mensuplai para ilmuwan bioteknologi dengan berbagai informasi dan inspirasi yang mereka perlukan untuk menjawab permasalahan yang dihadapi masyarakat. Biodiversitas yang besar merupakan sebuah anugerah, dan lautan merupakan *megacenters of biodiversity*, tempat dimana awal kehidupan di mulai. Diversitas organisme laut sangat luar biasa, dimana 36 dari 38 phyla ditemukan di laut (Suharsono, 2007).

BIOFILM BAKTERI KARANG

Yang terhormat Ketua Senat, Sekretaris Senat, Para Anggota Senat dan Hadirin yang berbahagia,

Keanekaragaman bakteri yang berasosiasi dengan karang

Suatu fenomena alam yang telah lama diamati, dimana sel mikroba menempel secara kuat pada hampir semua permukaan padat yang terendam di lingkungan laut, lalu tumbuh, berkembang dan menghasilkan polimer ekstraseluler sebagai perekat sel satu dengan lain untuk membentuk struktur yang disebut biofilm (Kiorboe *et al.*, 2003). Tidak terkecuali, permukaan jaringan dari beberapa hewan invertebrate lautpun menyediakan diri sebagai habitat yang kaya nutrisi untuk bakteri heterotropik di dalam memelopori pembentukan komunitas mikroba pembentuk biofilm. Diduga hanya kurang dari 2% bakteri yang telah berhasil diisolasi dari lingkungan laut sebagai biakan murni. Sehingga diharapkan masih cukup banyak bakteri karang potensial dengan karakteristik berbeda yang belum tereksplorasi.

Bakteri dan mikroorganisme lainnya berada dalam keadaan berlimpah di lingkungan laut. Secara taksonomi mereka berbeda, aktif, dan mengkolonisasi hampir semua habitat laut, mulai dari laut dalam sampai estuari yang paling dangkal (Austin 1988), demikian juga pada karang (Ducklow, 1990). Permukaan jaringan karang yang hidup di lapisi oleh mukus, dan lapisan mukus ini dikolonisasi oleh bakteri, yang memberikan fasilitas pembentukan komunitas bakteri, dan dapat dikarakterisasi untuk setiap jenis karang (Rohwer *et al.*, 2002). Beberapa jenis bakteri tersebut dapat bersifat patogenik terhadap karang, dan menyebabkan penyakit,

misalnya *Black band disease*, *White Plaque* dan sebagainya. Namun sebaliknya bakteri-bakteri tersebut juga dapat berlaku sebagai simbiosis yang menguntungkan karang dan berasosiasi dengan baik (Gil-Turner et al., 1989).

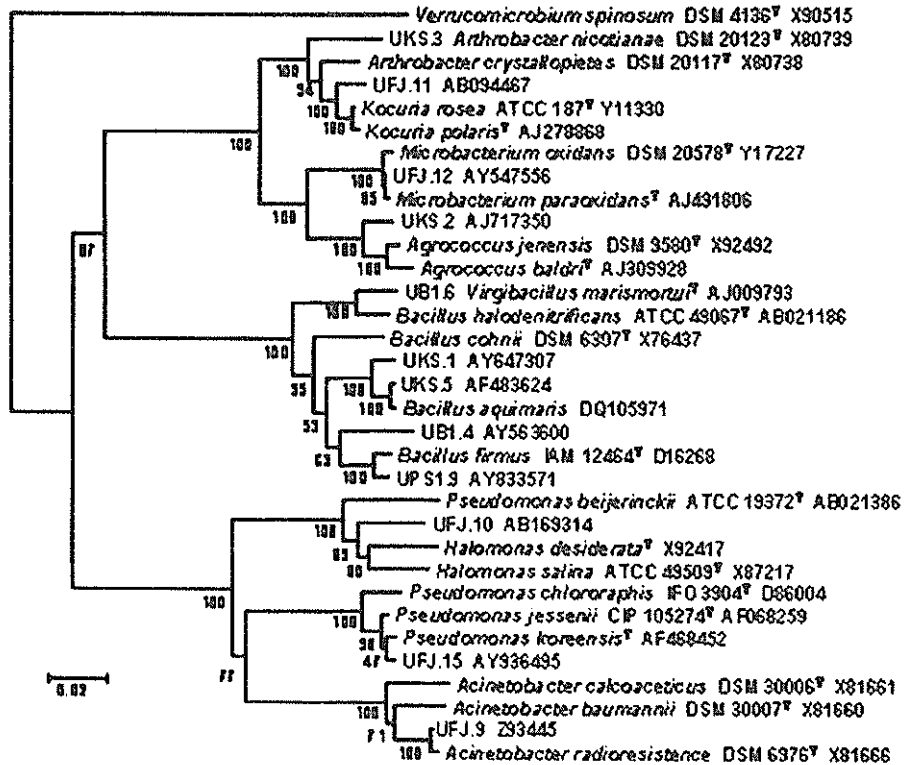
Hampir semua karang keras menghasilkan mukus, dan membentuk lapisan pada permukaan jaringannya. Ketika banyak sedimen menempel dilapisan mukus, secara alamiah karang akan mengelupaskannya dan membentuk lapisan mukus yang baru lagi. Beberapa karang menggunakan mukus yang lengket tersebut sebagai alat penangkap makanannya. Telah diketahui bahwa di dalam mukus banyak terdapat mikroba. Beberapa spekulasi mengatakan bahwa asosiasi bakteri karang memberikan manfaat terhadap karang di dalam fiksasi nitrogen, mendegradasi limbah, siklus nutrisi zooxanthellae, dan melindungi dari serangan bakteri patogen dengan cara memproduksi antibiotik atau sekedar menempati ruang yang tersedia. Perubahan pada komunitas mikroba di dalam mukus dapat mempengaruhi kesehatan karang.

Hasil analisis 16S rDNA non-kultur mikroba pada karang menunjukkan bahwa jenis dan keragaman bakteri yang berasosiasi dengan karang berbeda dengan bakteri pada badan air (Rohwer dkk, 2001). Sebagian besar hasil identifikasi molekuler bakteri yang berasosiasi dengan karang menunjukkan spesies baru (homologi <93%) (Rohwer et al., 2001; Rohwer et al., 2002; Friaz-Lopez et al., 2002). Rohwer et al. (2002) dalam penelitiannya dengan menggunakan cloning 16S rDNA dan sekuensing menunjukkan bahwa karang *Montastrea franksi*, *Porites astreoides*, *P. furcata* dan *Diploria strigosa* memiliki komunitas bakteri yang berbeda dari setiap spesies karang. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa:

1. Spesies karang yang sama mempunyai komunitas bakteri yang sama meskipun letak spesies karang terpisah jarak ribuan kilometer.
2. Spesies karang yang berbeda memiliki komunitas bakteri yang berbeda meskipun letaknya berdekatan (± 10 cm).

Mikroba yang berasosiasi dengan karang tidak terjadi secara acak. Karang memiliki mikrobiota yang berbeda dengan spesies karang lain dan dengan badan air di sekelilingnya. Prokariot yang berasosiasi dengan karang beragam dalam kelimpahan dan *species richness* (Gambar 2). Lebih lanjut, Pantos et al. (2003) menyatakan bahwa komunitas mikroba yang berasosiasi dengan karang yang terserang penyakit berbeda dengan karang sehat meskipun tidak kelihatan adanya symptom penyakit. Penemuan ini sangat penting artinya didalam penelitian selanjutnya tentang bagaimana penyakit karang berkembang dan dideteksi.

Dari uraian diatas, ekologi mikroba karang memberikan gambaran pada kita tentang 'sosok karang dimana pada permukaan, lekukan/*crevice* dari hewan karang merupakan sebuah tata ruang struktur ekologi komunitas mikroba dengan keragaman yang tinggi. Eksplorasi bakteri karang dilakukan untuk mendapatkan bakteri pendegradasi pestisida, pengadsorpsi metal berat dan anti-pathogen sebagai materi dasar rekayasa gen.



Gambar 2. Filogenetik bakteri yang berasosiasi dengan karang *Galaxea fascicularis* (Sabdono et al., 2005).

BAKTERI KARANG PENDEGRADASI PESTISIDA

*Bapak Ketua Senat, Bapak dan Ibu Anggota Senat, serta
Hadirin yang saya hormati,*

*Pestisida pada konsentrasi
rendah dapat membunuh
karang dalam waktu singkat.*

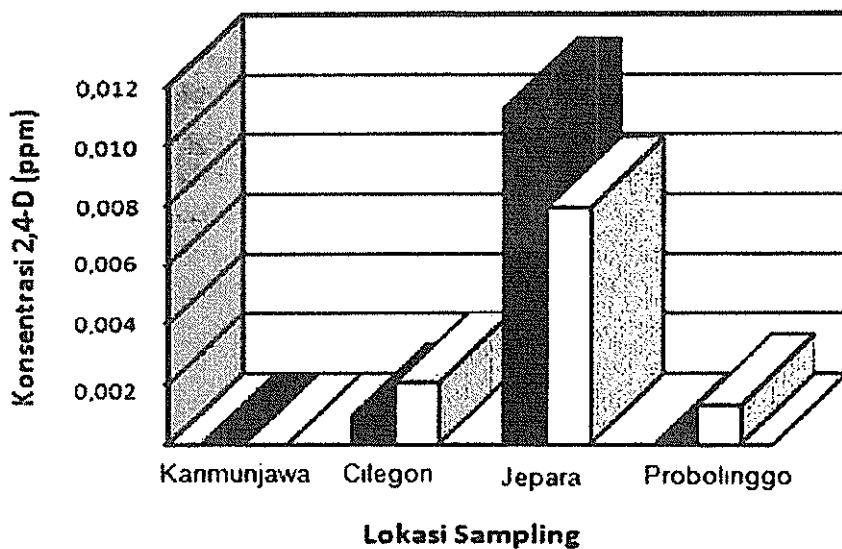
Golongan pestisida sintetik organoklorin merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung kloro, dan mempunyai sifat sebagai

pembunuh atau pengontrol perkembangbiakan serangga. Residu pestisida dapat mencapai hidrosfer terutama karena transportasi horizontal oleh partikel-partikel tanah karena erosi, hujan atau banjir, desorpsi, dan pelindihan. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut ke lingkungan laut mengancam keseimbangan ekosistem terumbu karang, khususnya, dan kehidupan di laut pada umumnya. Glynn *et al.* (1984) melaporkan bahwa herbisida (2,4-D dan 2,4,5-T) dalam konsentrasi yang rendah mampu membunuh karang dalam waktu yang singkat.

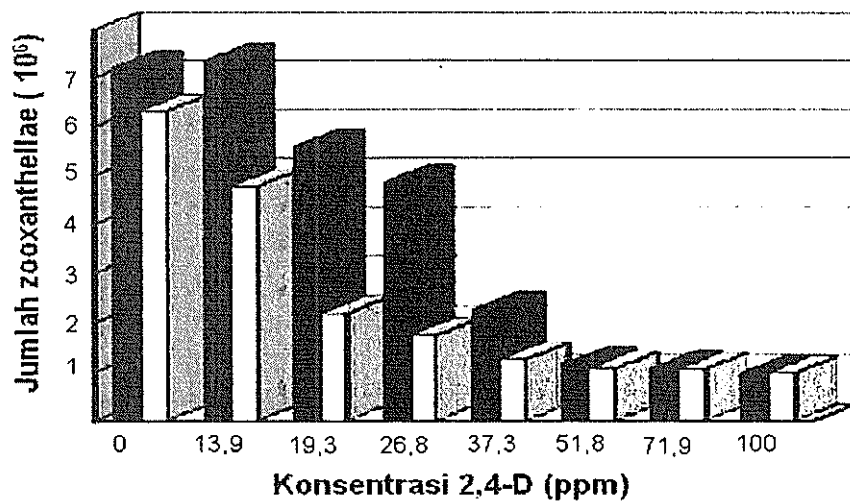
Suatu hal yang sangat mengkhawatirkan pada akhir-akhir ini adalah meningkatnya dan berkembangnya aktivitas kegiatan industri dan pertanian di sepanjang pantai utara Jawa. Sebagai negara agraris para petani Indonesia tidak dapat lepas dari penggunaan bahan kimia pertanian dalam menjalankan usaha taninya. Sebagai dampaknya, pencemaran lingkungan laut semakin meningkat akibat buangan limbah industri dan residu obat-obatan pertanian ke sungai yang akhirnya menuju ke laut. Salah satu bentuk bahan pencemar yang sangat dikhawatirkan di dalam usaha melestarikan kekayaan dan keanekaragaman ekosistem terumbu karang adalah pestisida organoklorin.

Meningkatnya jenis dan volume penggunaan senyawa-senyawa kimia tersebut di Indonesia tidak lepas dari penancangan program rehabilitasi perkebunan pada tahun 1960 (Djamin, 1983) dan program revolusi hijau (*'green revolution'*) melalui Panca Usaha Pertanian pada tahun 1970 oleh pemerintah. Meskipun telah dikeluarkan SK Bersama Menteri Pertanian dan Menteri Tenaga Kerja No.7 tahun 1973 tentang penanganan, distribusi dan aplikasi pestisida, namun sampai saat ini beberapa jenis pestisida berbahaya masih dijual bebas di pasaran dan digunakan secara luas.

Penelitian mengenai efek pestisida terhadap terumbu karang masih sangat sedikit dilakukan. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Glynn *et al.* (1984) menunjukkan bahwa herbisida 2,4-Diklorofenoksi asetat (2,4-D) mampu membunuh terumbu karang pada konsentrasi yang rendah (0.02 ppm) dalam waktu yang sangat singkat. Hasil analisis residu senyawa 2,4-D pada jaringan karang mati *P. lutea* dan *G. fascicularis* masih terdeteksi walau dalam jumlah yang sedikit (Gambar 3). Diduga kemungkinan herbisida 2,4-D ikut bertanggung jawab terhadap mortalitas karang. Sabdono *et al.* (1998^a) mengatakan bahwa keberadaan senyawa 2,4-D pada jaringan karang dipengaruhi dengan kemungkinan adanya penggunaan senyawa tersebut pada saat sekarang dan masa lampau. Hasil penelitian efek senyawa 2,4-D terhadap karang dapat dilihat pada Gambar 4. Perlakuan 2,4-D dengan konsentrasi yang berbeda menunjukkan pengaruh yang sangat nyata. Semakin tinggi konsentrasi 2,4-D, semakin banyak jumlah *zooxanthellae* yang lepas dari jaringan karang, yang pada akhirnya menyebabkan kematian karang (Sabdono *et al.*, 1998^b).



Gambar 3. Konsentrasi senyawa 2,4-D pada karang dari berbagai lokasi sampling (Sabdono et al., 1998^a).



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi 2,4-D terhadap zooxanthellae (Sabdono et al., 1998^b).

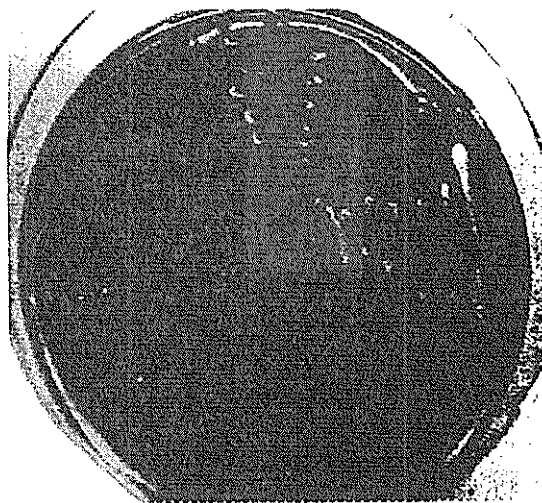
Keadaan ini jelas sangat mengkhawatirkan karena jenis-jenis herbisida yang beredar di pasaran, 30% di antaranya menggunakan bahan aktif organoklorin 2,4-D, misalnya, Lindomin, DMA, Actril DS, Fernimine 720 AS, Hedonal 818 L, Indamin 720 HC, Tordon 101 dan lain-lainnya (Pestisida Indonesia, 1991). Bahan aktif lainnya yang banyak digunakan sebagai herbisida antara lain MCPA dan paraquat yang diproduksi secara komersil dengan nama dagang Agroxone dan Gramoxone.

Degradasi Pestisida

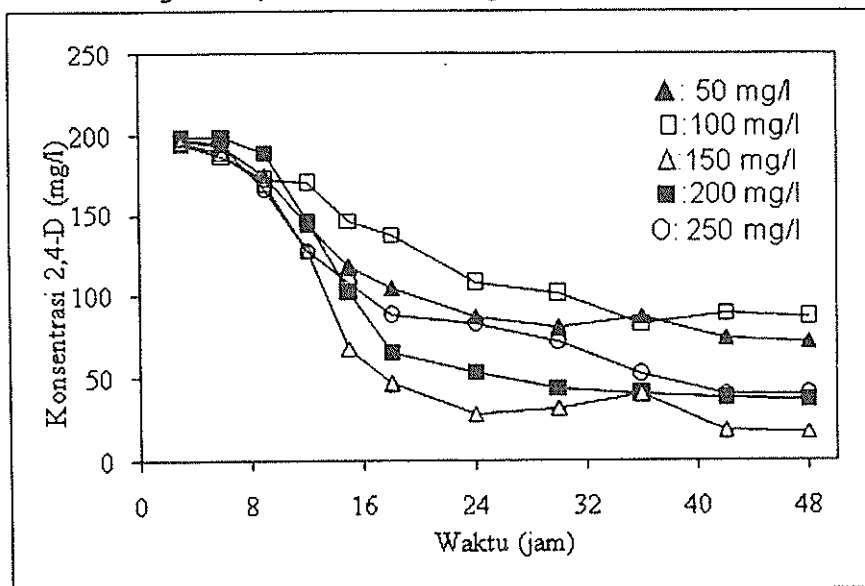
Yang terhormat Ketua Senat, Sekretaris Senat, Para Anggota Senat dan Hadirin yang berbahagia,

Kinetika pertumbuhan dan penggunaan substrat senyawa 2,4-D

Studi degradasi senyawa pestisida isolat bakteri karang dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Isolat bakteri karang yang mampu mendegradasi senyawa pestisida ditunjukkan dengan adanya perubahan warna koloni menjadi merah pada media EMBA yang mengandung 200 mg/l senyawa 2,4-D tersebut (Gambar 5). Warna merah dari koloni disebabkan oleh adanya produksi asam HCl selama proses degradasi (Loos, 1975). Uji degradasi bakteri karang terhadap senyawa senyawa 2,4-D pada media cair menunjukkan bahwa daya degradasi dari isolat bakteri karang sangat bervariasi (Gambar 6). Penelitian kinetik pertumbuhan dan penggunaan substrat menunjukkan bahwa laju pertumbuhan spesifik tertinggi ($m \text{ jam}^{-1}$) dan laju pertumbuhan (r_x), laju penggunaan substrat (r_s) dan laju penggunaan 2,4-D spesifik (ϕ) terjadi pada konsentrasi 200 ppm 2,4-D.



Gambar 5. Uji degradasi pestisida dengan media EMBA(A: mendegradasi; B : tidak mendegradasi; C; tidak tumbuh)



Gambar 6. Degradasi senyawa 2,4-D oleh bakteri karang pada berbagai konsentrasi senyawa 2,4-D.

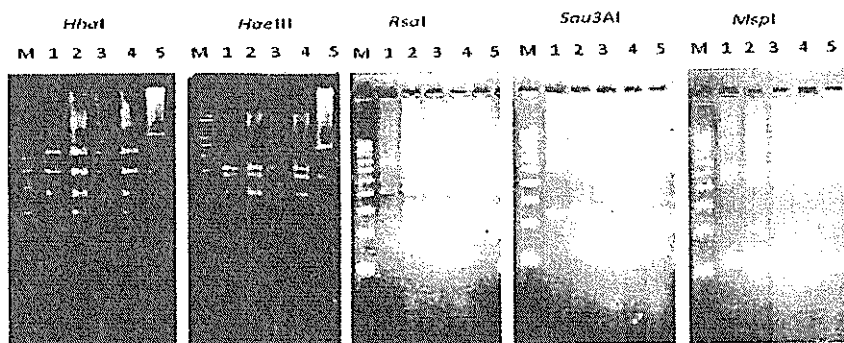
Besarnya nilai laju pertumbuhan maksimum tergantung pada jenis mikroba dan konsentrasi substrat (Judoamidjojo dkk, 1992). Greer *et al.* (1992) melaporkan bahwa laju pertumbuhan maksimum untuk bakteri *Bordetella sp.* sebesar 0,10/jam, *Alcaligenes sp.* sebesar 0,13/jam dan *Pseudomonas sp.* sebesar 0,20/jam. Penelitian tentang genus bakteri yang mampu mendegradasi 2,4-D dan senyawa yang berhubungan dengan organoklorin telah dilaporkan, misalnya *Alcaligenes eutrophus*, *Acinetobacter sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Corynebacterium sp.*, *Flavobacterium sp.* strain 50001, dan *Pseudomonas putida*, dan beberapa dari bakteri tersebut membawa gen-gen metabolik 2,4-D pada plasmidnya.

Filogenetik Molekuler

Yang terhormat Ketua Senat, Sekretaris Senat, Para Anggota Senat dan Hadirin yang berbahagia,

Studi filogenetik molekuler dengan *Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLP)*.

Studi filogenetik molekuler pada bakteri karang pendegradasi senyawa pestisida dilakukan untuk mendapatkan informasi genetik dan gen yang bertanggung jawab terhadap mekanisme degradasi tersebut. Teknik molekuler *Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLP)* dengan menggunakan enzim endonuklease *HhaI*, *HaeIII*, *RsaI*, *Sau3AI* dan *MspI* dari ke 5 isolat dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil restriksi menunjukkan adanya 11 pola restriksi dengan 3 sampai 6 pita yang berbeda secara jelas diantara ke lima bakteri karang pendegradasi senyawa 2,4-D.



Gambar 7. Pola resriksi gen 16S rDNA dari bakteri pendegradasi 2,4-D dengan enzim restriksi endonuklease

Perbandingan dari pola restriksi ke lima isolat bakteri karang pendegradasi senyawa 2,4-D menunjukkan perbedaan 3 genotip yang merupakan representasi kombinasi 3 perbedaan dari 5 enzim restriksi yang digunakan. Homologi dari *BLAST searching* menunjukkan bahwa genotip I (isolat PP202) dan genotip II (isolat PG303) memiliki prosentase kesamaan tertinggi dengan genus *Vibrio*. Prosentase kesamaan antara isolat PP202 dengan *Vibrio alginolyticus* dan *Vibrio natriegens* sebesar 96 %. Isolat CP107 menunjukkan prosentase kesamaan 96 % dengan *Pseudoalteromonas gracilis*.

Hasil penelitian lain pada bakteri karang pendegradasi pestisida organofosfat dapat dilihat pada Tabel 1. Sebanyak 25 dari 103 isolat bakteri (24,36%) yang diisolasi dari berbagai jenis karang mampu mendegradasi 4 jenis pestisida organofosfat (diazinon, chlorpyrifos, profenofos, and ethion). Hasil *rapid grouping* dengan menggunakan teknik *repetitive extragenic palindromic* (rep)-PCR genom dan primer ERIC

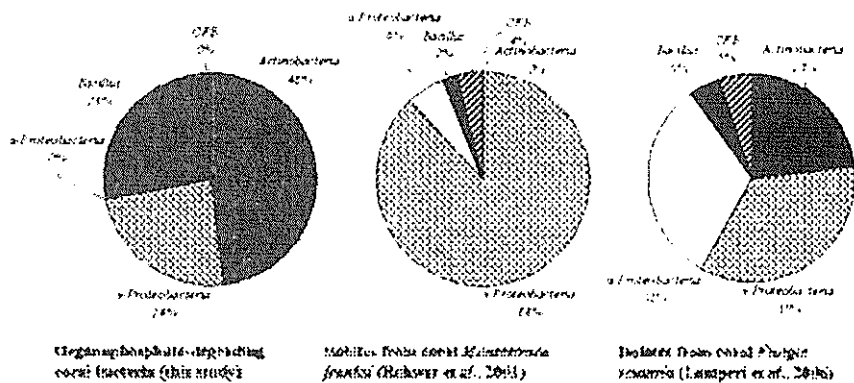
Tabel 1. Bakteri karang pendegradasi senyawa pestisida organofosfat.

No.	ISOLATE	Organophosphates degraded (%):			
		Chlorpyrifos	Profenofos	Ethion	Diazinon
1.	KM5	22.44	34.40	-	17.75
2.	KM8	27.50	2.54	-	12.15
3.	KF4	44.40	2.11	-	55.67
4.	KB1	-	32.20	-	-
5.	JM3	53.35	56.75	22.24	-
6.	JM22	20.00	21.54	2.21	2.54
7.	JM27	35.55	12.35	-	-
8.	JM32	54.55	22.12	-	-
9.	JM33	12.22	62.12	2.56	4.56
10.	JS11	2.12	-	4.50	40.00
11.	JS12	1.55	-	7.53	12.15
12.	JB10	33.77	-	22.30	10.10
13.	JB11	12.23	-	11.87	-
14.	JB15	27.70	32.98	24.45	-
15.	SS5	35.12	2.32	-	15.75
16.	SS11	1.75	4.45	-	20.00
17.	SS12	2.25	-	2.50	-
18.	SF14	35.75	-	-	-
19.	SB3	43.30	23.40	53.22	-
20.	BM1	50.45	21.22	1.00	-
21.	BM5	7.50	40.40	-	-
22.	BS5	20.20	-	33.50	12.60
23.	BF3	-	-	-	25.55
24.	BY6	55.50	-	-	17.25
25.	BF5	3.50	44.24	5.50	5.67

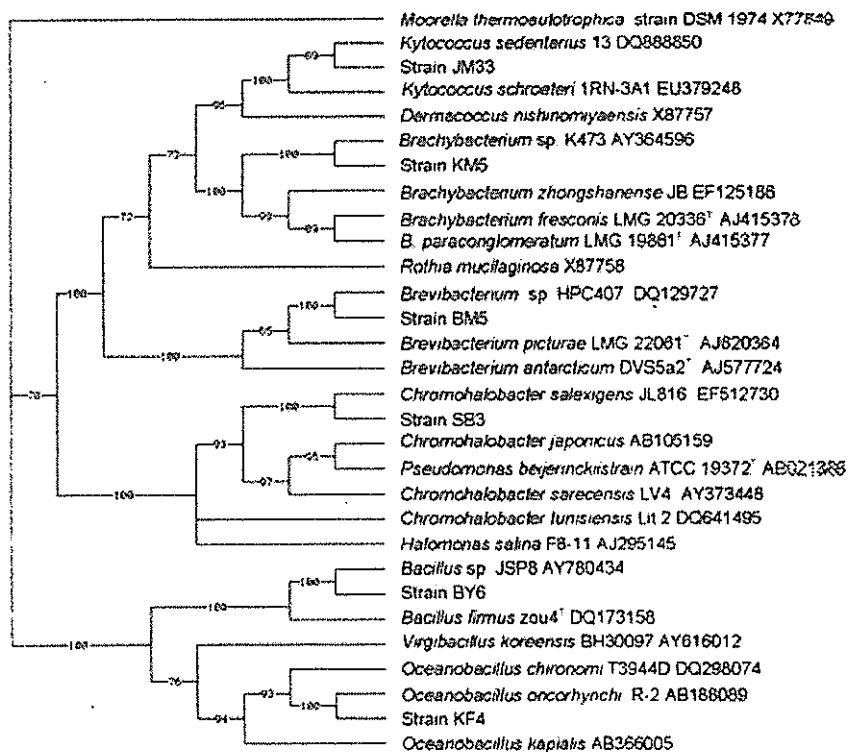
Sumber: Sabdono dan Radjasa (2008)

and BOXA1R menghasilkan 6 isolat bakteri seleksi yang selanjutnya di lakukan sekuen gen 16S rDNA.

Hasil analisis sekuen gen 16S rDNA menunjukkan bahwa 25 isolat bakteri karang pendegradasi senyawa organofosfat termasuk di dalam 3 divisi: *Bacillus*, *Actinobacteria* dan α -*proteobacteria*. Strain KM5, JM33, BM5, SB3, KF4 and BY6 mempunyai kekerabatan terdekat dengan *Brachybacterium* sp., *Kytococcus* sp., *Brevibacterium* sp. *Chromohalobacter* sp., *Oceanobacillus* sp., dan *Bacillus* sp. (Gambar 8 dan 9). Penelitian keragaman genetik bakteri yang berasosiasi dengan karang ini merupakan penemuan pertama yang melaporkan bahwa *indigeneous* bakteri karang Indonesia memiliki kemampuan mendegradasi senyawa pestisida organoklorin (MCPA, Paraquat, 2,4-Diklorofenoksi asetat) dan pestisida organofosfat (diazinon, chlorpyrifos, profenofos, and ethion). Hasil ini paling tidak dapat memberi gambaran tentang struktur populasi bakteri karang pendegradasi senyawa pestisida pada ekosistem terumbu karang di perairan pantai Indonesia.



Gambar 8. Komposisi komunitas bakteri dari 4-lifeform karang (Sabdono dan Radjasa, 2008).



Gambar 9. Pohon filogenetik bakteri karang pendegradasi herbisida organofosfat (Sabdono and Radjasa, 2008).

BAKTERI KARANG RESISTEN METAL BERAT

Yang terhormat Ketua Senat, Sekretaris Senat, Para Anggota Senat dan Hadirin yang berbahagia,

*Bakteri karang resisten
metal berat*

Di lingkungan laut, metal Cu digunakan sebagai cat pelindung kapal untuk mencegah biokorosi. Namun ketika pelaku industri maritim secara kolosal mengalihkan penggunaan cat pelindung berbasis metal Pb ke cat pelindung berbasis metal Cu, menyebabkan kandungan metal Cu juga meningkat di lingkungan laut tersebut (Kim *et al.*, 1996). Kondisi tersebut lebih diperburuk lagi dengan meningkatnya limbah buangan industri dan limbah kimia pertanian yang mengandung metal ke laut, sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem laut, khususnya ekosistem karang.

Penelitian mengenai efek metal berat terhadap terumbu karang masih sangat sedikit dilakukan. Glynn *et al.* (1984) melaporkan bahwa metal berat Cu mampu membunuh karang pada konsentrasi yang rendah (0.01 ppm) dalam waktu yang sangat singkat. Sabdono (2009) juga melaporkan tentang dampak metal Cu terhadap mortalitas karang *Galaxea fascicularis*. Beberapa peneliti melaporkan bahwa genus bakteri yang diisolasi dari tanah dan daerah pertambangan (*Thiobacillus*, *Leptospirillum*, *Alcaligene*, *Pseudomonas*; *Methanobacterium*) mampu mengadsorpsi metal-metal berat (Nies, 1992; Kim *et al.*, 1996; Tom-Petersen *et al.*, 2001). Namun perhatian peneliti yang tertarik untuk melakukan eksplorasi bakteri karang dan pemanfaatannya dalam kaitannya dengan resistensi terhadap metal berat Cu masih kurang. Metal Cu merupakan unsur

yang essensial yang diperlukan dalam jumlah sedikit oleh organisme (Goering *et al.*, 1995). Namun, apabila unsur tersebut terdapat dalam jumlah berlebih akan bersifat toksik terhadap organisme laut. Disamping itu keberadaan Cu pada ekosistem perairan terus mendapatkan perhatian karena daya toksisitas, mobilitas dan bentuk-bentuk kompleks kimianya yang dapat memberikan efek beragam terhadap berbagai organisme perairan (Jonas, 1989). Metal Cu juga dapat mempengaruhi fungsi enzim dan protein akan kebutuhan metal tersebut, dan menyebabkan tekanan oksidatif dengan menghasilkan hidroksil radikal meskipun melalui mekanisme yang berbeda (Harwood and Gordon, 1994).

Bakteri diketahui terdapat sangat melimpah dan aktif di sekitar karang. Dinamika mikrobiota ini dapat berada di sejumlah lekuk/celah (*niches*) karang, pada lapisan permukaan mukus karang (Ritchie and Smith, 1994; Ritchie and Smith, 2005), di dalam jaringan karang (Banin *et al.*, 2000), dan di badan air sekeliling karang (Frias-Lopez *et al.*, 2002). Asosiasi antara bakteri dan karang ditengarai memiliki peranan yang penting untuk mempertahankan hidup karang di dalam menghadapi tekanan ekosistem, misalnya pencemaran metal berat. Langkah awal untuk melakukan bioremediasi adalah mendapatkan bakteri yang resistan terhadap metal berat. Bakteri resisten metal atau gen yang menyandi resistensi terhadap metal dari bakteri karang ini dapat diisolasi yang sangat berguna nantinya di dalam bioremediasi ekosistem karang berbasis bioteknologi.

Hasil penelitian yang dilakukan Sabdono (2009) menunjukkan bahwa isolat GN 10 memiliki nilai MIC tertinggi (10-20 mM Cu) (Tabel 2).

Tabel 2. Uji MIC bakteri pada berbagai konsentrasi Cu

Isolat bakteri	MIC(mM)					
	1	2,5	5	10	20	40
GN 01	-	-	-	+	+	+
GN 10	-	-	-	-	+	+
GN 11	-	-	+	+	+	+
GN 14	-	-	-	+	+	+
GN 15	+	-	+	+	+	+
GN 16	-	-	+	+	+	+

Keterangan: + = terbentuk zona hambatan
 - = tidak terbentuk zona hambatan

Sumber: Sabdono (2009)

Perbandingan sekuen parsial sekuen 16S rDNA dari isolat resisten metal Cu GN10 dalam studi ini dengan sekuen dari GeneBank menunjukkan bahwa isolat tersebut memiliki kekerabatan terdekat dengan genus *Virgibacillus* (99%). Pohon filogenetik menunjukkan bahwa isolat GN10 terletak di dalam klaster genus *Virgibacillus*. Beberapa penelitian melaporkan bahwa bakteri *Virgibacillus marismortui* memiliki potensi sebagai penghasil protease (Chamroensaksri *et al.*, 2008, Gupta *et al.*, 2008). Belum ditemukan adanya laporan fungsi/karakter fisiologis lainnya dari bakteri *V. marismortui*. Maka bakteri simbion karang *V. marismortui* strain GN10 merupakan species baru yang memiliki karakteristik resisten terhadap metal berat Cu.

BAKTERI KARANG ANTI-PATHOGEN

*Bapak Ketua Senat, Bapak dan Ibu Anggota Senat, serta
Hadirin yang saya hormati*

*Penyakit karang timbul
sebagai respon atas tekanan
faktor biotik dan abiotik*

Penyakit karang dan efeknya terhadap terumbu karang belum diketahui secara jelas karena timbulnya penyakit-penyakit tersebut merupakan suatu fenomena yang relative masih baru. Penyakit karang ini tidak hanya sekedar membunuh karang, namun secara tidak langsung juga mempengaruhi ekologi karang. Disamping itu, penyakit karang juga menimbulkan dampak ekonomi yang mempengaruhi devisa negara dan ketahanan pangan. Hancurnya ekosistem karang akan mengurangi nilai estetika keindahan panorama bawah laut, yang tentu saja akan mengurangi minat wisatawan untuk berkunjung, *snorkeling* dan rekreasi penyelaman. Disamping itu fungsi karang sebagai tempat memijah ikan, pemeliharaan, pengasuhan, tempat berlindung dan *fishing ground* ikan akan berubah. Sehingga akan mempengaruhi hasil tangkapan nelayan dan akan terganggunya industri yang bergerak pada bidang perikanan.

Kajian tentang penyakit karang secara intensif terus dilakukan di luar negeri sejak terjadinya *outbreak disease* pertama kali di Florida dan Karibia pada tahun 1970-an sampai sekarang. Di Indonesia, sampai saat ini belum ada peneliti yang tersentuh untuk melakukan penelitian penyakit karang. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh syarat fisik keahlian menyelam dan keterbatasan pengetahuan pathologi karang yang dimiliki.

Penyakit karang dan syndrome yang terjadi pada umumnya sebagai respon atas tekanan faktor biotik seperti bakteri, jamur dan virus, dan/atau faktor abiotik seperti meningkatnya suhu air laut, radiasi sinar ultraviolet, sedimentasi dan polutan. Tekanan dari salah satu faktor tersebut akan mempengaruhi tekanan faktor-faktor lainnya (Santavy and Peters, 1997). Frekuensi kejadian dari penyakit karang meningkat secara signifikan pada 10 tahun terakhir ini, sehingga menyebabkan angka mortalitas yang terus meningkat pada terumbu karang. Situasi tersebut semakin memberi peluang pathogen untuk lebih mudah dan cepat berkembangbiak dan kolonisasi. Namun sampai saat ini penyebab yang pasti untuk sebagian besar penyakit karang masih belum jelas. Sebagian besar serangan penyakit sepertinya hanya merupakan respon dari berbagai faktor biotik ataupun lingkungan (Peters, 1997). Dalam dekade ini penyakit karang masih menjadi objek dalam penelitian, misalnya penyakit *black-band*, *coral bleaching*, *dark-spots*, *red-band*, *white-band*, *white-plague*, *white pox* dan *yellow-blotch*.

Penyakit Karang BBD Di Karimunjawa

Penyakit *Black Band Disease* menyerang jenis karang cabang di Karimunjawa

Black Band Disease (BBD) merupakan penyakit virulen terutama menyerang jenis karang batu. Komunitas bakteri BBD didominasi oleh jenis cyanobacteria. Komunitas bakteri yang berasosiasi dengan penyakit BBD (*black band disease*) pada karang cabang *Acropora* sp. dalam penelitian ini diuji dengan menggunakan teknik kultur dependent. Teknik molekuler gen 16S rDNA

(amplifikasi 16S DNA ribosom) digunakan untuk karakterisasi komunitas secara komprehensif. Analisis sekuen gen 16S rDNA menunjukkan bahwa isolat BBD1 memiliki kekerabatan terdekat dengan *Myroides odoratimimus* (99.0%), isolat BBD2 adalah *Bacillus algicola* (99.6%) dan isolat BBD3 adalah *M. A. bacterium* (96.0%) (Sabdono and Radjasa, 2006).

Hasil identifikasi bakteri yang berasosiasi dengan penyakit BBD pada karang cabang *Acropora sp* di Karimunjawa merupakan komunitas baru yang berbeda dengan hasil penelitian terdahulu. Hasil ini memungkinkan untuk dilakukan penelitian lanjutan tentang isolasi dan kultur bakteri tersebut untuk bisa menerangkan etiologi penyakit. Uji interaksi penghambatan bakteri karang dengan bakteri yang berasosiasi BBD menunjukkan bahwa strain KM1, KM2, KM3 dan KS3 mampu menghasilkan metabolit sekunder dengan menghambat pertumbuhan bakteri pathogen. Isolat KM2 kemudian diseleksi untuk studi lebih lanjut karena mampu menghambat pertumbuhan ke 3 strain *indigenous* bakteri pathogen *M. odoratimimus* strain BBD1, *B. algicola* strain BBD2 dan *M. A. bacterium* strain BBD3.

Isolasi dan skrining bakteri anti-pathogen pada ekosistem terumbu karang sampai saat ini masih belum mendapatkan perhatian yang serius. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya bakteri yang berasosiasi dengan karang (KM2) memiliki potensi antibakteri terhadap penyakit karang BBD (Tabel 3).

Tabel 3. *Screening* bakteri penghasil senyawa anti-bakteri pathogen BBD

No.	Isolat Bakteri	Isolat BBD:		
		<i>M. odoratimimus</i>	<i>B. algicola</i>	<i>M.A. bacterium</i>
1.	KM1	-	-	-
2.	KM2	+	+	+
3.	KM3	-	-	-
4.	KM4	-	-	-
5.	KM5	-	-	-
6.	KS1	-	-	-
7.	KS2	-	-	-
8.	KS3	-	-	-
9.	KS4	-	-	-
10.	KF1	+	-	-
11.	KF2	-	-	-
12.	KB1	+	-	-
13.	KB2	-	-	-
14.	KB3	-	-	-
15.	KB4	-	-	-

Sumber: Sabdono dan Rajasa, 2006

Hasil ini memberikan informasi baru tentang komunitas bakteri yang berasosiasi dengan penyakit karang *Black Band Disease* (BBD) pada karang cabang *Acropora* sp., sehingga memungkinkan untuk dilakukan penelitian lanjutan tentang isolasi dan kultur bakteri tersebut untuk bisa menerangkan etiologi penyakit.

REKAYASA GENETIKA BAKTERI KARANG

Yang terhormat Ketua Senat, Sekretaris Senat, Para Anggota Senat dan Hadirin yang berbahagia,

Rekayasa Genetika mikroba

Rekayasa genetika sebagai penerapan teknik-teknik genetika molekuler untuk mengubah system ekspresi genetik

Rekayasa dalam arti paling luas didefinisikan sebagai aplikasi genetika untuk kepentingan manusia.

Sedangkan dalam arti sempit para ilmuwan sepakat untuk mendefinisikan rekayasa genetika sebagai penerapan teknik-teknik genetika molekuler untuk mengubah susunan genetik atau mengubah sistem ekspresi genetik untuk tujuan/kemanfaatan tertentu. Dalam rekayasa genetika, teknik dasar yang umum digunakan adalah teknologi DNA rekombinan, yaitu upaya perbanyakan gen tertentu di dalam suatu sel yang bukan sel alaminya sehingga sering pula dikatakan sebagai kloning gen. Pada prinsipnya usaha untuk mendapatkan suatu produk yang diinginkan melalui teknologi DNA rekombinan meliputi beberapa tahapan, seperti isolasi DNA genomik/kromosom yang akan diklon, restriksi/ pemotongan molekul DNA menjadi sejumlah fragmen dengan berbagai ukuran, isolasi vektor DNA, insersi/penyisipan fragmen DNA ke dalam vektor untuk menghasilkan molekul DNA rekombinan, transformasi sel inang menggunakan molekul DNA rekombinan, reisolasi molekul DNA rekombinan dari sel inang, dan analisis DNA rekombinan.

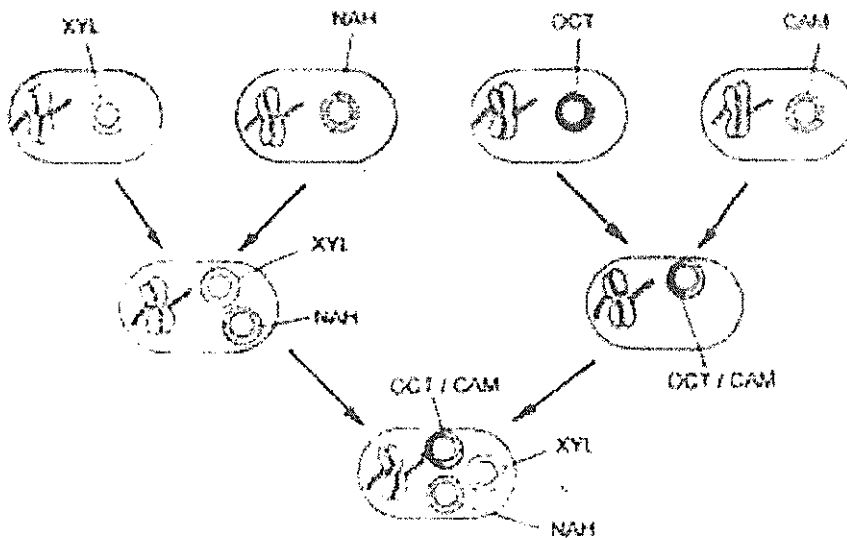
Obyek rekayasa genetika mencakup bakteri, fungi, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Selain bidang kedokteran,

farmasi dan pertanian, bidang teknik lingkungan juga telah melibatkan ilmu ini untuk mengembangkan manajemen penanganan masalah pencemaran lingkungan. Salah satu teknik yang diterapkan adalah bioremediasi, yaitu penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Pada proses bioremediasi ini mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim-enzim untuk memecah senyawa polutan beracun melalui proses biotransformasi. Proses ini akan menghasilkan terdegradasinya senyawa polutan beracun menjadi senyawa sederhana yang tidak beracun dan tidak berbahaya.

Jenis bakteri rekombinan yang pertama kali diciptakan dan dipatenkan oleh Chakraborty (1990), ilmuwan Amerika, adalah bakteri pemakan minyak bumi '*superbug*'. Di dalam paragraph di bawah ini merupakan uraian bagaimana *superbug* diciptakan.

Beberapa mikroorganisme dapat melakukan metabolisme berbagai senyawa hidrokarbon, namun tidak ada satupun mikroorganisme yang memiliki sistim enzimatik yang mampu mendegradasi semua komponen senyawa yang terkandung di dalam polutan minyak bumi. Minyak bumi mengandung berbagai jenis hidrokarbon, namun komponen utama senyawa hidrokarbon minyak bumi adalah *xylenes*, *naphthalenes*, *octanes* dan *camphors*. Strain *Pseudomonas putida* tertentu hanya mampu mendegradasi satu jenis dari senyawa hidrokarbon tersebut, tidak pernah ditemukan satupun strain di alam yang mampu mengkonsumsi keempat jenis hidrokarbon tersebut. Gen pendegradasi senyawa hidrokarbon tersebut berada dalam plasmid yang berbeda yaitu plasmid XYL, NAH, OCT, dan CAM. *Superbug* diciptakan dengan cara mengintroduksi ke-4 jenis plasmid tersebut ke dalam sel tunggal *Pseudomonas putida*. Bakteri *superbug* ini

kemudian mampu mendegradasi keempat jenis substrat tersebut, dimana sebelumnya dibutuhkan 4 jenis plasmid yang berbeda. Plasmid XYL dan NAH dapat berada dalam sel bakteri yang sama, sedangkan plasmid CAM dan OCT tidak bisa berada dalam satu sel. Karena plasmid CAM dan OCT tidak dapat eksis secara bersama-sama di dalam sel yang sama, maka kedua plasmid tersebut terlebih dahulu dilakukan rekombinasi. Ilustrasi penciptaan *superbug* ini secara diagram dapat di lihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rekayasa genetika bakteri '*superbug*' pendegradasi minyak bumi (Chakraborty, 1990)

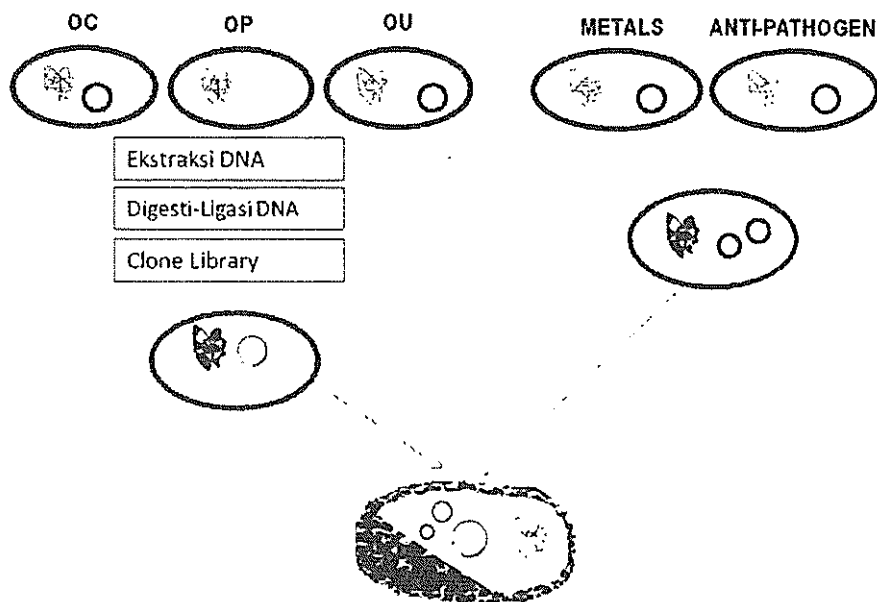
Intuisi apakah yang diperoleh dari keberhasilan rekayasa genetika '*superbug*' di dalam mengatasi pencemaran minyak bumi dalam kaitannya dengan konservasi ekosistem terumbu karang?

'Superbug' rekayasa genetika bakteri karang ?

Gen pendegradasi pestisida dan gen resistensi terhadap logam berat pada bakteri telah ditemukan berada pada plasmid, transposon dan/atau pada kromosom. Hasil penelitian akhir-akhir ini memberikan petunjuk evolusi mekanisme degradasi dan organisasi gen katabolik. Sehingga membuat situasi lebih mudah di dalam mengembangkan rekayasa genetika mikroba untuk tujuan dekontaminasi. Manipulasi genetik memberikan peluang merekayasa mikroorganisme di dalam mengatasi pencemaran. Berbagai usaha terus dilakukan untuk memenuhi keperluan tersebut, dan saat ini penulis telah menemukan beberapa bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi pestisida, mengadsorpsi logam berat dan memproduksi senyawa aktif metabolit sekunder anti pathogen yang diisolasi dari jaringan karang (Tabel 4). Strain-strain bakteri karang tersebut digunakan sebagai materi dasar di dalam merekayasa genetika dengan informasi genetik yang diketahui. Gen-gen katabolik yang bertanggung jawab terhadap mekanisme degradasi dari senyawa *xenobiotics* juga telah berhasil diidentifikasi, diisolasi dan diklonkan ke dalam berbagai organism lain, misalnya alga, jamur dan lainnya. Situasi tersebut memungkinkan untuk menciptakan '*superbug*' dari bakteri karang dengan cara merakit gen degradasi pestisida, gen resisten logam berat dan gen anti-pathogen ke dalam sel tunggal (Gambar 11).

Tabel 4. Bakteri karang *indigeneous* untuk rekayasa

Mikroorganisme	Kontaminan	Referensi
<i>Vibrio natriegens</i> Strain PP202	2,4-D	Sabdono et al., 2000
<i>Bacillus iodinum</i> Strain KM221	MCPA	Sabdono & Radjasa, 2003
<i>Vibrio carchariae</i> Strain KS124	Paraquat	Sabdono et al., 2003
<i>Bacillus sp</i> Strain KM2	Anti-pathogen BBD	Sabdono & Radjasa, 2006
<i>Bacillus Firmus</i> Strain BY6	Chlorpyrifos	Sabdono, 2007
<i>Brachybacterium sp.</i>	Organofosfat	Sabdono & Radjasa, 2008
<i>Virgibacillus marismortui</i> GN10	Logam Copper	Sabdono, 2009
<i>Pseudoalteromonas Sp.</i> GN15	Logam Cadmium	Sabdono, 2010



Gambar 12. Rancangan rekayasa genetika bakteri karang 'superbug'

Beberapa studi bakteri rekayasa mikroba telah melaporkan keberhasilannya di dalam meningkatkan daya degradasi senyawa polutan. Salah satu studi yang dilakukan penulis dengan merekayasa fragmen DNA (termasuk didalamnya *open reading frame* dari gen pendegradasi 2,4-D *tfd*) dari bakteri karang *V. natriegens* Strain PP202 ditransformasi ke dalam bakteri *E. coli* DH5á. Hasil transformasi gen menunjukkan bahwa bakteri *E. coli* DH5á mampu mengekspresikan gen pendegradasi tersebut dalam plasmidnya. Dengan keberhasilan transformasi gen tersebut memungkinkan untuk melakukan transfer gen-gen lain termasuk diantaranya gen yang menyandi resistensi logam ataupun anti-pathogen.

Berdasarkan uraian di atas kami mengusulkan kepada pemerintah agar di dalam implementasi dan penyusunan kebijakan tentang peraturan-peraturan perlindungan lingkungan harus mempertimbangkan informasi ilmiah penemuan terkini dalam bioteknologi lingkungan. Disamping itu, penemuan mutakhir teknologi perlindungan lingkungan tersebut harus disebarluaskan pada masyarakat untuk menggugah rasa tanggungjawab dan rasa memiliki akan pelestarian lingkungan.

PENUTUP

Yang terhormat Ketua Senat, Sekretaris Senat, Para Anggota Senat dan Hadirin yang berbahagia,

Kesimpulan

Pencemaran pestisida dan metal berat pada ekosistem terumbu karang dapat membunuh karang pada dosis rendah dan dalam waktu yang singkat. Pencemaran juga memicu timbulnya berbagai

penyakit misterius yang memporak-porandakan ekosistem karang karena runtuhnya sistem pertahanan aras sel, dimana seiring dengan berjalannya waktu akan meningkat ke aras jaringan, organ, individu, populasi dan komunitas karang. Pendekatan melalui bioteknologi lingkungan merupakan salah satu alternatif untuk memecahkan masalah lingkungan. Saat ini pemanfaatan bioteknologi lingkungan masih tertinggal jauh oleh bioteknologi pertanian, kedokteran, industri atau bidang lainnya. Bidang ilmu ini memang masih sangat muda (*infancy*) tetapi dalam perjalanannya kedepan memiliki prospek yang sangat menjanjikan untuk memecahkan masalah lingkungan yang tajam tak bertepi. Untuk itu diperlukan dukungan dari pemerintah melalui kebijakan-kebijakan yang mengarah kepada usaha perlindungan lingkungan berbasis bioteknologi yang selaras dengan agenda 21 Indonesia, antara lain sebagai berikut:

1. Pengembangan sains dan teknologi

Bakteri karang dalam studi yang penulis lakukan memiliki potensi sebagai bioremediator atau film protektor dan tidak perlu dikhawatirkan penerapannya di alam karena merupakan spesies *indigeneous*. Aplikasi dapat dilakukan dengan *pelleting/tableting* kultur campuran (*mix culture*), namun masih perlu dilakukan kajian lanjut tentang sinergisme/antagonisme, kapan dan bagaimana penerapannya, berapa banyak/dosis, apakah perlu penambahan unsurhara mikro, digunakan dalam formula yang cepat larut atau secara periodik dan lain-lainnya. Disamping itu kadangkala dijumpai protokol yang digunakan untuk sebuah skenario dari penanganan lokasi yang tercemar belum tentu efektif digunakan di dalam penanganan pencemaran di lokasi lain dengan kondisi yang berbeda.

2. Mempercepat proses transformasi penemuan ilmiah untuk aplikasi

Rekayasa genetika mikroba telah menunjukkan potensi yang nyata di dalam penerapan bioremediasi pada lingkungan yang tercemar. Potensi tersebut dapat dilihat dengan adanya peningkatan kemampuan daya degradasi yang mencakup skala yang luas dari beberapa polutan. Namun pada kenyataannya, sebagian besar dari studi rekayasa mikroba masih didalam skala laboratories. Masih diperlukan pertimbangan yang matang didalam memutuskan untuk melepas hasil rekayasa ke alam bebas dari segi efektifitas dan resiko yang akan terjadi.

3. Aspek pengembangan hukum dan kelembagaan

Rekayasa bakteri karang merupakan sebuah pilihan, karena penerapannya akan lebih efektif/efisien dan produk rekayasa mikroba dapat dipatenkan. Adalah suatu hal yang memungkinkan untuk membuat '*superbug*' baru yang mampu mendegradasi pestisida, mengadsorpsi logam berat dan menghasilkan senyawa anti-pathogen di dalam satu sel bakteri. Tentu saja penciptaan '*superbug*' baru ini jauh lebih kompleks dan rumit karena melibatkan gen-gen yang menyandi enzyme dari substrat yang sama sekali jauh berbeda, bukan lagi merupakan senyawa komponen penyusunnya.

4. Aspek pendanaan

Pendanaan yang besar diperlukan untuk pengembangan SDM, penelitian dan alih teknologi. Penghimpunan sumber dana dapat dilakukan melalui APBN dan pungutan redistribusi dari perusahaan-perusahaan yang bergerak pada bidang pertambangan, kehutanan, danlainnya.

Memang masih banyak pekerjaan rumah yang harus diselesaikan berkaitan dengan metode rekayasa untuk

bioremediasi, misalnya bioreaktor biakan untuk *pelleting*, manipulasi lingkungan/GxE interaction, *field application*. Namun dengan perkembangan pesat bidang Bioteknologi Laut diharapkan dapat mengatasi persoalan yang dihadapi ekosistem karang.

Bapak, Ibu dan Hadirin yang saya muliakan

Pesan terhadap Mahasiswa dan Dosen Muda

Selanjutnya, pada kesempatan ini perkenankanlah saya untuk menyampaikan pesan kepada adik-adik mahasiswa dan para kolega dosen muda. Hanya sebuah pesan, karena saya sungguh takut menjadi seorang *jarkoni* (*biso ujar ora biso nglakoni*). Pesan ini persis sama dengan pesan yang diberikan ayahnda pada saya di dalam upaya meraih cita. Sebuah pesan yang diambil dari falsafah Jawa dan mempunyai makna yang sangat dalam, yaitu "**ILMU IKU KELAKONE KANTHI LAKU**". Tidak mudah memang, tapi orang lain bisa, dan saudarapun pasti bisa. Selamat berjuang anak muda, *never, never surrender* !

Bapak, Ibu dan Hadirin yang saya muliakan,

Ucapan Terima Kasih

Pada akhir pidato pengukuhan ini, perkenankanlah saya, sekali lagi, mengucapkan segala puji dan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah, nikmat dan karunia-Nya yang telah menghantarkan saya untuk menapaki ke jenjang pengabdian dan amanah yang lebih tinggi sebagai Guru Besar di Universitas Diponegoro

ini. Dengan diiringkan doa, semoga Allah SWT menganugerahkan kekuatan dan kebesaran-Nya sehingga amanah Guru Besar ini dapat saya abdikan dan bermanfaat bagi Agama, Nusa dan Bangsa.

Ucapan terima kasih dan penghargaan saya sampaikan kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia, yang tertuang dalam SK. No. 4106239/A4.5/KP/2010, Tanggal 31 Desember 2010, atas kepercayaan dan kehormatan yang telah diberikan kepada saya untuk mengemban jabatan sebagai Guru Besar dalam bidang ilmu Bioteknologi Laut pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, terhitung mulai 1 Januari 2011.

Kepada Yth. Bapak Rektor/Ketua Senat Universitas Diponegoro, Prof. Sudharto P.H.,MES.,Ph.D., Sekretaris Senat, Prof. Dr. Ir. Sunarso, MS. serta Dewan Guru Besar Universitas Diponegoro, yang telah menyetujui dan mengusulkan diri saya sebagai Guru Besar, serta memberikan kesempatan untuk menyampaikan pidato pengukuhan ini, saya sampaikan penghormatan yang sedalam-dalamnya, serta penghargaan setinggi-tingginya disertai ucapan terima kasih.

Kepada Bapak Dekan / Ketua Senat Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPK), Prof. Dr. Ir. Johannes Hutabarat, M.Sc., para Anggota Senat, para Pembantu Dekan FPK-Undip, Ketua Jurusan Ilmu Kelautan, Ketua Program Studi Ilmu Kelautan dan Ketua Program Studi Oseanografi, serta rekan-rekan sejawat dan kolega di Jurusan Ilmu Kelautan, yang telah menyetujui dan mengusulkan diri saya sebagai Guru Besar di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPK)-Undip, saya sampaikan penghargaan setinggi-tingginya diiringi ucapan terima kasih.

Kepada Yth. Prof. Dr. Lachmuddin Sya'rani, Prof. Dr. Ir. Johannes Hutabarat, MSc., Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS., Prof. Dr. Ir. Supriharyono, MS., Prof. Dr. Ir. Y.S. Darmanto, MSc., Prof. Dr. Ir. Azis Nur Bambang, MS., Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Prajitno, MSc., Prof. Dr. Ir. Sahala Hutabarat, M.Sc, serta Prof. Dr. Ir. Ambariyanto, M.Sc. anggota Senat Dewan Guru Besar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPK)–Undip, yang telah berkenan memberikan rekomendasi dan mengusulkan diri saya sebagai Guru Besar di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPK)–Undip, saya sampaikan penghormatan yang mendalam serta penghargaan setinggi-tingginya disertai ucapan terima kasih.

Kepada Yth. Ketua dan para Anggota Peer Group, yang terdiri dari : Prof. Dr. Ir. Johanes Hutabarat, M.Sc. (Ketua), Prof. Dr. Lachmuddin Sya'rani, Prof. Dr. Ir. Sunarso, MS, Prof. Soedjarwo, Prof. Dr. Ir. Tri Prabandiani, Prof. Dr. Ir. Ambariyanto, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA, saya sampaikan terima kasih atas perkenan dan kesediaannya untuk memeriksa naskah pidato pengukuhan ini serta memberikan masukan dan saran perbaikan demi keutuhannya.

Kepada Yth. Prof. Ir. Triwibowo Yuwono, PhD., Dekan Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Prof. Dr. Ir. Kamiso H.N., MSc., Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Prof. Dr. Ir. Siti Subandiyah, M.Agr.Sc, Kepala Laboratorium Bioteknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, yang telah berkenan memberikan rekomendasi untuk mengusulkan diri saya sebagai Guru Besar di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPK)–Undip, saya sampaikan penghormatan yang mendalam serta penghargaan setinggi-tingginya disertai ucapan terima kasih.

Kepada Yth. Prof. Elena Zocchi, Sezione di Biochimica, Dipartimento Di Medicina Sperimentale, Universita' Degli Studi Di Genova, Genova, Italy, Prof. Michael J. Risk, School of Geology and Geography, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada, Prof. Dr. Herry, S.U., Louisiana State University, Baton Rouge, USA saya sampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya untuk perkenan dan kontribusinya dalam memberikan rekomendasi untuk mengusulkan diri saya sebagai Guru Besar.

Kepada beliau sebagai pimpinan Universitas Diponegoro pada masanya, yang telah berjasa dalam mendorong, membimbing, membantu dan memberikan kemudahan selama ini dalam pengembangan karir saya sejak awal, di antaranya Prof. dr. Moeljono S. Trastotenojo, Prof. Ir. Joetata Hardidardaya, Drs. Daryono Rahardjo, MM., Prof. Dr. H. Muladi, SH, Prof. Ir. Eko Budihardjo, M.Sc., Prof. Dr. dr. Susilo Wibowo, MS., Ned, Sp.And., Prof. Dr. dr. Ign. Riwanto, Sp.BD, Prof. Dr. Soedarsono, MS., Prof. Sudharto P. H., MES., PhD., , Prof. Drs. Y. Warella, MA., PhD., Prof. Dr. Lachmuddin Sya'rani, saya sampaikan terima kasih dan penghargaan setulusnya.

Komisi V Senat Universitas Diponegoro, Prof. Dr. Ir. Supriharyono, MS, Prof. Dr. FX. Sugiyanto dan anggota komisi lainnya yang telah memeriksa dan menyetujui usulan guru besar, saya ucapkan terima kasih.

Kepada semua guru-guru saya yang telah mendidik dan mengajar saya, di SD Pangudi Utami Temanggung (1965-1970), SMP Negeri II Temanggung (1971-1973) dan SMA Negeri I Temanggung (1974-1976) ; serta dosen - dosen saya di Fakultas Pertanian, Universitas Satya Wacana (1977-1983); Agriculture Department, University of Kentucky, Lexington, Kentucky, USA, Bidang Ilmu-ilmu MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, saya ucapkan terima kasih atas

jasa-jasa mereka dalam membimbing, membentuk kepribadian dan mendewasakan saya dalam ilmu dan kehidupan.

Kepada Prof. Bart A. Thielges (Alm.), Dean of Forestry Department, Forest Genetics, University of Kentucky, Lexington, USA, yang telah menerima dan berkenan membimbing saya pada Master of Science, saya sampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya. Kepada Prof. Dr. Ir. Joetono (Alm), Prof. Dr. Ir. Joedoro, Dr. Hari Hartiko, Prof. Dr. drh. Wayan T. Artama, saya sampaikan terima kasih atas kesabaran, atas bimbingan, dorongan semangat dan elaborasinya, sehingga saya dapat menyelesaikan program doktorat pada PAU-Bioteknologi, Ilmu-ilmu MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Kepada seluruh rekan, kolega dan sejawat kantor di Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP, khususnya Ir. Irwani, M.Phil, Ir. Sugeng Widada, M.Si, Ir. Agus Indardjo, M.Phil, Ir. Nur Taufiq SPJ, M.AppSc., Prof. Dr. Ir. Ambariyanto, M.Sc., Ir. Ibnu Pratikto, M.Si., Drs. Subagyo, M.Si, Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA, Denny Nugroho Sugianto, ST., M.Si., Ir. Retno Hartati, MSc., Ir. Widianingsih, M.Sc., Ir. Hadi Endrawati, DESU., Ir. Gentur Handoyo, MSi., Dr. Ir. Ita Widowati, DEA, Dr. Ir. Bambang Yulianto, DEA., Dr. Ir. Jusup Suprijanto, DEA., Ir. Ria Azizah Tri Nuraini, MSi., Ir. Chrisna Adhi Suryono, MPhil., Ir. Baskoro Rochaddi, MT., Ir. Gunawan Widisantoso, MSc., Dr. Ocky Karna Radjasa, MSc., Dra.Ken. Suwartimah, Ir. Hariadi, MPI., Ir. Siddhi Saputro, MPhil., Ir. Hariyadi, MT., Ir. Petrus Subardjo, MSi., Ir. Purwanto, MSi., Ir. Hendro Riyanto, MT., Dr. Ir. Delianis Pringgenies, MSc., Dr. Ir. Muh.Yusuf, MSi., Ir. Ali Djunaedi, M.Phil., Ir. Warsito Atmodjo, MSi., Ir. Agus Anugroho DS, MSi., Ir. Sri Yulina Wulandari, MSi., Ir. Sri Redjeki, MSi., Ir. Adi Santoso,

MSc., Ir. Raden Ario, MSc., Dr. Ir. Muslim, MSc., Dr. Ir. Sunaryo, Ir. Edi Wibowo, MPi., Ir. Suryono, MSc., Dr. Tonny Bachtiar, MSc., Ir. Wisnu Widjatkomo, MSc., Dra. Nirwani, MSi., Dra. Rini Pramesti, MSi., Ir. Ervia Yudiati, MSc., Dr. AB. Susanto, MSc., Dr. Rudhi Pribadi, Ir. Endang Supriyantini, MSi., Ir. Alfi Satriadi, MSi., Drs. Heriyoso Setyono, MSi., Dra. Willis Ari Setyati, MSi., Drs. Ali Ridlo, MSi., Ir. Dwi Haryo Ismunarti, MSi., Ir. Ita Riniatsih, MSi., Dr. Ir. Munasik, MSc., Ir. Sri Sedjati, MSi., Kunarso, ST, MSi., Dr. Ir. Diah Permata Wijayanti, MSc., Agus Trianto, ST, MSc., Muhammad Helmi, SSi, MSi., Endang Sri Susilo Setyorini, ST, MSc., Aziz Rifai, ST, MSi., Koesoemadji. SH, MSi.,

Lilik Maslukah, ST, MSi., Elis Indrayanti, ST, MSi., Anindya Wirasatriya, ST, MSi., Indra Budi Prasetyawan, SSi, MSi dan Aris Ismanto, SSi. ; serta dosen, sejawat dan kolega saya di Jurusan Perikanan : Drs. Mustofa Niti Supardjo, MS., Ir. Siti Rudiyantri, M.Si, Ir. Prijadi Soedarsono, MSc.,

Ir. Djuwito, MS., Prof. Dr. Norma Afiati, M.Sc., Dr. Ir. Subiyanto, MSc., Dr. Ir. Agus Hartoko, MSc., Dr. Ir. Frida Purwanti, M.Sc., Dra. Niniek Widyorini, MSi., Dr. Ir. Suradi WS., MS., Dr. Ir. Abdul Ghofar, M.Si, Dr. Ir. Agung Suryanto, MS., Ir. Pujiono WP., MS., Dr. Ir. Agung Setyanto, MSc., Ir. Anhar Solikhin, MSi, Ir. Bambang Sulardiono, MS., Ir. Suryanti, MS., Ir. Endang Arini M., MS., Dr. Ir. Istiyanto Samidjan, MS., Dr. Ir. Suminto, MSc., Ir. Sri Redjeki, MSc., Ir. Titik Susilowati, MS., Dr. Ir. Fajar Basuki, MS., Ir. Pinandojo, MS., Dr. Ir. Subandiyono, MS., Dr. Ir. Sri Hastuti, M.Si, Dr. Ir. Agung Sudaryono, MSc., Ir. Desrina, MSc., Ir. Sarjito, MAppSc., Ir. Diana Rahmawati, MS., Tita Elfitasari, SPi., MSc., Dr. Ir. Widodo Farid Ma'ruf, MSc., Ir. Titi Surti, M.Phil., Dr. Ir. Fronthea Swastawati, MSc., Ir. Eko Nurcahya Dewi, MSc., Dr. Ir. Tri Winarni A., MSc., Ir. Sumardianto, DFE, Ir. Sri Andani Hudoyo,

MS, Ir. Solachuddin Sudibyo, DESS. (Alm.), Ir. Herry Boesono, MSi., Ir. Ani Khuliah, MS., Ir. Asrijanto, MS., Ir. Pramono Wibowo, M.Pi., Ir. Ismail, MSiE., Ir. Imam Triarso, MS., Drs. Sardiyatmo, MSi., Ir. Bambang Argo Wibowo, MSi., Dr. Ir. Aristi Dian P., SPi., MSi., Dr. Abdul Kohar, SPi., M.Si., Dr. Agus Suherman, SPi., M.Si., Putut Hariyadi, S.Pi., M.Si., Dian Ayunita NND., SPi., M.Si., Trisnani Dwi Hapsari, SPi., MS., Vivi Endar Herawati, SPi., MSi., Lilik Teguh Pambudi, SPi., MSi, Indradi S., M.Pi., Rohita Sari, S.Pi., M.Si., Dyah P., S.Pi., M.Pi., Churun Ain, S.Pi., Restiana WA., S.Pi., Restiawan AN., S.Pi., Diana Chilmawati, S.Pi., AH Condro H., S.Pi., Bogi BJ., S.Pi., Sulistyani DP., S.Pi., Taufik Y., S.Pi, Dian W., S.Pi., Slamet S., S.Pi., Romadhon, S.Pi., Apri DA., S.Pi., Ima W., S.Pi., A. Suhaeli F., S.Pi., Eko S., S.Pi., Ulfa Amalia, S.Pi., Laras R., S.Pi dan rekan-rekan yang lain, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu ; staf administrasi, Drs. Setyo Wardoyo, Drs. Eko Utomo, Sulistyani Wigati, SH., Dra. Sugiyastuti, Djoko Haryono, S.Sos., Dra. Sri Rahayu, Drs. Luthfil Huda, SIP, teknisi dan laboran, saya menghaturkan terima kasih atas doa, kerjasama dan dorongannya, sehingga kebersamaan kita menjadi suatu karya yang bermakna.

Kepada segenap Panitia Pengukuhan Guru Besar Undip, yang telah bersusah payah menyiapkan segala sesuatunya untuk upacara ini, saya sampaikan terima kasih dan penghargaan yang tinggi atas segala perhatian, dorongan, bantuan dan kerja sama yang telah diberikan sehingga terselenggaranya acara ini dengan baik.

Terima kasih yang mendalam disampaikan kepada Lik Moslem (Alm.), Pakde Radimin (Alm.), Om Lo (Nyoo Tjiang Hauw), Om Edi (Alm.), Dr. J. Sardi Karjorejo saya ucapkan terima kasih atas jasa-jasa beliau di dalam membantu

kelancaran perjalanan meraih cita sehingga dapat merubah perjalanan hidup saya.

Teruntuk isteri tercinta, Ir. Hj. Umi Haryati, kasih sayang, pengertian, pengorbanan dan kesabaranmu senantiasa menjadi pendorong langkah hidupku, semoga Allah SWT senantiasa memberikan karunia dan rahmat-Nya dalam kebersamaan kita beribadah, berjuang dan mengabdikan dunia hingga akhirat. Anak-anakku tersayang, Aristides Fariz dan Sheila Raisa, kalian adalah teman dan sahabat dalam suka dan duka, marilah kita saling beriring, berpadu langkah mengejar cita.

Persembahkan Guru Besar ini wujud dari ajaran jujur, sederhana, dan bertaqwa kepada Gusti Allah SWT yang selalu Ayahanda H. Imam Kadri Maryono (Alm.) ajarkan kepada ananda, terima kasih telah mendidik dan membimbing ananda menjadi insan yang tegar. Katur Ibunda Siti Sutatmi (Almh.), walau masih anak-anak ketika ibu tinggalkan kami, tak pernah ananda lupa kelembutan senyum ibu yang seolah mengajarkan dan mengingatkan makna kesabaran, mengalah dan kepasrahan, restu dan ridho Ibu telah meringankan karunia Gusti Allah SWT hadir dalam anugerah Guru Besar ini, hanya do'a dan sembah sungkem yang dapat ananda haturkan. Kepada Bapak/Ibu mertua H. Machmoed dan Marsidah, restu panjenengan memudahkan langkah ananda meraih keberhasilan studi dan pengukuhan Guru Besar ini.

Terima kasih teruntuk Kakanda Legowo Kadri, SE dan Ir. Sri Lestari, Adikku Widyatmoko, SH, MM dan Hari Wahyuningsih, SSos., Iin Widyastuti, S.Sos dan Drs. Budi Sulistyanto (Alm) yang selalu setia mengiringi dan mengingatkan makna pencapaian duniawi dan kesadaran akhirat, semoga kebersamaan kita selalu mengingatkan

makna kebesaran-Nya. Kepada adinda Drs. Ujiono, MM dan Hartining, SPd., Yusuf Sugiharto dan Sofie, Haryo dan Ainun Mardilah, SE, Sigit Imam Santoso, ST dan Istiana, SH beserta semua keponakan, disampaikan terima kasih untuk dorongan, semangat, dan kebersamaan.

Keterbatasan waktu, tempat, kesempatan dan ingatan jualah yang menjadikan tidak semua kerabat, rekan, sejawat, sahabat, handai tolan, karyawan, mahasiswa, keluarga dan pribadi-pribadi, yang telah membantu dan berjasa sampai dengan acara pengukuhan ini, dapat saya sebutkan satu per satu, untuk itu saya sekali lagi mengucapkan terima kasih dan mohon maaf yang sebesar-besarnya. Saya samampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya disertai ucapan terima kasih, atas kehadiran Bapak, Ibu dan hadirin yang terhormat, dan kesabarannya untuk mengikuti acara pengukuhan hari ini. Saya memohon maaf apabila didalam penyampaian pidato pengukuhan ini terdapat tutur kata yang kurang berkenan. Akhirnya dengan mengucapkan Alhamdulillah saya akhiri penyampaian orasi ilmiah ini.

***Terima kasih dan akhirul kalam, billahi taufiq wal
hidayah, Wassalamualaikum Warahmatullahi
Wabarakatuh***

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, B. 1988. *Marine microbiology*. Cambridge University Press.
- Banin, E., T. Israely, A. Kushmaro, Y. Loya, E. Orr and E. Rosenberg. 2000. Penetration of the Coral-Bleaching Bacterium *Vibrio shiloi* into *Oculina patagonica*. *Appl. Environ. Microbiol.* 66 (7): 3031-3036
- Chamroensaksri, N., A. Akaracharanya, W. Visessanguan, S. Tanasupawat 2008. Characterization of Halophilic Bacterium NB2-1 from *Pla-Ra* and Its Protease Production. *J. Food Biochem.*, 32(4): 536-555.
- Chaudry, G.R. and G.H. Huang 1988. Isolation and characterization of a new plasmid from a *Flavobacterium* sp. which carries the genes for degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetate. *J. Bacteriol.* 170: 3897-3902.
- Coral Reef Task Force (CRTF). 2000. *The National Action Plan to Conserve Coral Reefs*. Washington, DC: CRTF. p. 3.
- Djamin, A. 1983. Pesticide management in plantations in North Sumatera. Proc. Reg. Symp. On Plantation Environments.
- Downs, C.A., J.E. Fauth, C.E. Robinson, R. Curry, B. Lanzendorf, J.C. Halas, J. Halas and C.M. Woodley. 2005. Cellular diagnostics and coral health: Declining coral health in the Florida Keys. *Mar. Poll. Bull.* 51: 558-569
- Ducklow, H.W. 1990. The production and biomass of bacteria in coral reefs," pp 265-289 in: "Coral Reefs," Z. Dubinsky, ed., Elsevier.

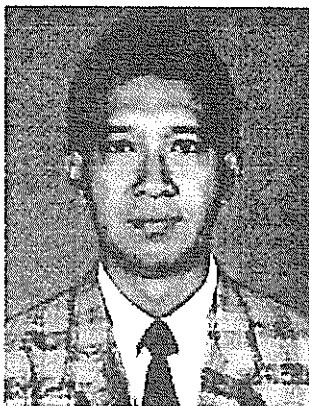
- Frias-Lopez, J., A.L. Zerkle, G.T. Bonheyo and B.W. Fouke, 2002. Partitioning of bacterial communities between seawater and healthy, black band disease, and dead coral surfaces. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68: 2214-2228.
- Gil-Turner, M. S., M. E. Hay, and W. Fenical. 1989. Symbiotic marine bacteria chemically defend crustacean embryos from a pathogenic fungus. *Science* 246: 116-118.
- Glynn, P.W., L.S. Howard, E. Corcoran and A.D. Freay 1984. Preliminary investigations into the occurrence and toxicity of commercial herbicide formulations in reef building corals. *Proc. The 4th Int.Coral Reef Symp*, Manila, 473-485.
- Goering, P.L., M.P. Waalkes and C.D.Klaassen 1995. Toxicology of cadmium. In: Goyer, R.A., Cherian, M.G. (Eds.), *Toxicology of Metals. Biochemical Aspects*. Springer, Berlin, pp. 189-214.
- Greer, L.E., J.A. Robinson, and D.R. Shelton 1992. Kinetic comparison of seven strain of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid-degrading bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 58 (3): 1027-1030.
- Gupta, A., B. Joseph, A. Mani and G. Thomas. 2008. Biosynthesis and properties of an extracellular thermostable serine alkaline protease from *Virgibacillus pantothenicus*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 24(2): 237-243.
- Harwood, V.J. and A.S. Gordon. 1994. Copper-Induced Production of Copper-Binding Supernatant Proteins by the Marine Bacterium *Vibrio alginolyticus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 56 (5): 1327-1332.

- Jonas, R.B. 1989. Acute Copper and Cupric Ion Toxicity in an Estuarine Microbial Community. *Appl. Environ. Microbiol.* 55(1) :43-49.
- Judoamidjojo, M., A.A. Darwis, dan E.G. Sa'id 1992. Teknologi fermentasi. Rajawali Pers.
- Kim, B.K., E.C. deMacario, J. Nolling and L. Daniels 1996. Isolation and Characterization of a Copper-Resistant Methanogen from a Copper-Mining Soil Sample. *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 62 (7): 2629-2635.
- Kiorboe T, Grossart HP, Ploug H, Kam T. 2003. Microbial dynamics on particles: colonization, growth, detachment, and grazing mortality of attached bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 69:3036-3047
- Lampert, Y., D. Kelman, Z. Dubinsky, Y. Nitzan, and R.T. Hill, 2006. Diversity of culturable bacteria in the mucus of the Red Sea coral *Fungia scutaria*. *FEMS Microbiol. Ecol.* 58: 99-108.
- Loos, M.A. 1975. Indicator media for microorganisms degrading chlorinated pesticides. *Can. J. Microbiol.* 21: 104-107.
- Nies, D.H. 1992. Resistance to cadmium, cobalt, zinc and nickel in microbes. *Plasmid* 27: 17-28.
- Nies, D. H. 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 51:730-750
- Pantos, O., R. Cooney, M. Le Tesier, M. Barer, A. O'Donnell and J. Bythell, 2003. The bacterial ecology of a plague-like disease affecting the Caribbean coral *Montastrea annularis*. *Environ. Microbiol.* 5: 370-382.
- Pestisida Indonesia. 1991. Komisi Pestisida. Departemen Pertanian, Jakarta.

- Peters, E.C. 1997. Diseases of coral reef organisms. In: Birkeland, C. (ed.), Life and Death of Coral Reefs. New York: Chapman & Hall. pp.114-139.
- Rathnayake, I.V.N, M. Megharaj, N. Bolan, and R. Naidu. 2009. Tolerance of Heavy Metals by Gram Positive Soil Bacteria. World Academy of Sci., Engineer. and Technol. 53: 1185-1189
- Ritchie K.B. and G.W. Smith 1995. Preferential carbon utilization by surface bacteria communities from water mass, normal, and white-band diseased *Acropora cervicornis*. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 4:345-354
- Ritchie, K. B., and G. W. Smith. 2004. Microbial communities of coral surface mucopolysaccharide layers, p. 259-264. In E. Rosenberg and Y. Loya (ed.), Coral health and disease. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Rohwer, F., M. Breitbart, J. Jara, F. Azam and N. Knowlton, 2001. Diversity of bacteria associated with the Caribbean coral *Montastraea franksi*. *Coral Reefs*, 20: 85-95.
- Rohwer, F., V. Seguritan, F. Azam and N. Knowlton, 2002. Diversity and distribution of coral-associated bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 243: 1-10.
- Sinton, G.L., L.T. Fan, L.E. Erickson, and S.M. Lee 1986. Biodegradation of 2,4-D and related xenobiotic compounds. *Enzyme Micro. Technol.* 8: 395-403.
- Suharsono, 2007. Hasil Penelitian LIPI: Kondisi Terumbu Karang Indonesia Membaik.URL:[http://www.gatra.com/2008-01-23/ versi_cetak.php](http://www.gatra.com/2008-01-23/versi_cetak.php)
- Sabdono, A., J. Soedarsono, H. Hartiko and W.T. Artama 1998^a. Persistent 2,4-Dichlorophenoxyacetat residues in seawater, sediment and coral tissues from the

- coastal waters of Java Sea. *J. Perikanan Ilmu Kelautan* 3: 9-12.
- Sabdono, A., J. Soedarsono, H. Hartiko and W.T. Artama 1998^b. Preliminary study on the effects of 2,4-D herbicide formulations on reef building corals. *J. Coast. Develop.* 1: 201-206.
- Sabdono, A., J. Soedarsono, H. Hartiko and W.T. Artama 2000. Identification and classification of 2,4-D-degrading coral bacteria based on PCR and 16S rRNA gene. *Ilmu Kelautan* 19: 181-186.
- Sabdono, A., OK Radjasa and J. Soedarsono. 2003. Characterization and identification of strain KM221 a novel MCPA herbicide-degrading bacterium isolated from coral surface, Menjangan Kecil island, Karimunjawa. *J. Coast. Dev.* 6: 127-133.
- Sabdono, A., OK Radjasa., and WT Artama. 2003. Isolation and characterization of Paraquat herbicide-degrading bacterium associated with corals. *Indon. J. Mar. Sci.* 8: 1-7.
- Sabdono, A. and O.K. Radjasa, 2006. Anti-Bacterial Property of a Coral-Associated Bacterium *Bacillus Sp* Against Coral Pathogenic BBD (*Black Band Disease*). *Coast. Develop.* 9 (3) : 175-182
- Sabdono, A. 2007. Biodegradation of Chlorpyrifos By A Marine Bacterium *Bacillus firmus* Strain BY6 Associated with Branching Coral *Acropora Sp.* *Coastal Development* 10 (2) : 115-123
- Sabdono, A. 2009. Heavy Metal Levels and Their Potential Toxic Effect on Coral *Galaxea fascicularis* from Java Sea, Indonesia. *J. Environ. Sci.* 3(1):96-102
- Sabdono, A. 2010. Cadmium Removal by A Novel Coral Bacterium *Pseudoalteromonas Sp.* Strain CD15

- Isolated From The Tissue of Coral *Goniastrea aspera* From Jepara Waters. *J. Coast. Develop.* 13: 81-91.
- Sukarno, R. 1995. Ekosistem terumbu karang dan masalah pengelolaannya. Materi pendidikan dan pelatihan metodologi penelitian penentuan kondisi karang. LON-LIPI – UNDIP. 1-10 hal.
- Tom-Petersen, A., C. Hosbond, and O. Nybroe. 2001. Identification of copper-induced genes in *Pseudomonas fluorescens* and use of a reporter strain to monitor bioavailable copper in soil. *FEMS Microbiol. Ecol.* 38:59-67.
- Zhang, H.B. , M.X. Yang, W. Shi, Y. Zheng, T. Sha and Z.W. Zhao. 2007. Bacterial diversity in mine tailings compared by cultivation and cultivation independent methods and their resistance to lead and Cadmium. *Microb. Ecol.* 54(4):705-12



RIWAYAT HIDUP

KETERANGAN UMUM

Nama Lengkap	: Prof. Dr. Ir. Agus Sabdono, M.Sc.
N I P	: 19580615 198503 1001
Pangkat / Gol.	: Pembina Tk. I / IV B
Tempat / tanggal lahir	: Magelang, 15 Juni 1958
Jenis Kelamin	: Laki - laki
Agama	: I s l a m
Fakultas / Jurusan / PS	: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, Program Studi Ilmu Kelautan
Alamat Kantor	: Jl. Prof. Soedharto SH, Tembalang, Semarang. 50275
Telp. / Fax	: 024 - 7474698
Alamat Rumah	: Jl. Ngesrep Timur Dalam III/9 Semarang 50269.
Nomor Telpon / HP	: 024 - 7478736 / 0858 6666 5000
E-mail	: agus_sabdono@yahoo.com
Nama Istri	: Ir. Umi Haryati
Pekerjaan	: Kanins Bank Rakyat Indonesia
Nama Anak	: 1. Aristides Fariz 2. Sheila Raisa

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	PENDIDIKAN	TEMPAT	Lulus
1.	SD	SD. Pangudi Utami , Tmg	1970
2.	SMP	SMP N 2 Temanggung	1973
3.	SMA	SMAN 1 Temanggung	1976
4.	S1	Universitas Satya Wacana	1983
5	S2	University of Kentucky, USA	1989
6.	S3	Universitas Gadjah Mada	2001

RIWAYAT KEPEGAWAIAN

No	Pangkat	Gol. Ruang	Berlaku Tmt.
1.	Penata Muda	III/a	1-03-1986
2.	Penata Muda Tk.I	III/b	1-10-1989
3.	Penata	III/c	1-10-1994
4.	Penata Tk.I	III/d	1-04-1999
5.	Pembina	IV/a	1-10-2002
6.	Pembina Tk.I	IV/b	1-10-2005

RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

No	Jabatan	Tanggal
1.	Asisten Ahli Madya	26-2-1986
2.	Asisten Ahli	31-8-1989
3.	Lektor Muda	13-3-1995
4.	Lektor Madya	08-3-1999
5.	Lektor (Inpassing)	03-9-2001
6.	Lektor Kepala	28-6-2002
7.	Lektor Kepala	22-2-2006
8	Guru Besar	1-1-2011

KARYA ILMIAH/PUBLIKASI PENELITIAN

1. JURNAL INTERNASIONAL: Penulis Utama

- Sabdono, A.,** S. Kang., H-G Hur, H-P. Grossart., M. Simon and O.K. Radjasa. 2007. Organophosphate residues in coral tissues of Indonesian coastal waters. *Pak. J. Biol. Sci.* 7(2):239-246.
- Sabdono, A.,** O.K. Radjasa., MJ. Risk., S. Kang., H-G. Hur, H-P. Grossart., and M. Simon. 2007. Presence and Toxicity of 2,4-D Herbicide in Coral *Galaxea fascicularis* of Java Coast, Indonesia. *J. Environ. Toxicol.* Vol.1(2):71-77.
- Sabdono, A.,** A.S. Chrisna, B. Rochaddi and B.T. Susanti. 2008. Persisten Organochlorine Residues in Household Wells of Java Coastal Urban Areas, Indonesia. *Journal of Applied Sciences* 8 (12):2318-2323.
- Sabdono, A.** and O.K. Radjasa, 2008. Phylogenetic Diversity of Organophosphorous Pesticide-Degrading Coral Bacteria from Mid-West Coast of Indonesia. *Biotechnology* 7(4):694-701.
- Sabdono, A.** 2009. Heavy Metal Levels and Their Potential Toxic Effect on Coral *Galaxea fascicularis* from Java Sea, Indonesia. *Research Journal of Environmental Science* 3(1):96-102

2. JURNAL INTERNASIONAL: Penulis Anggota

- Radjasa, O.K., **A. Sabdono**. 2009. Bacterial Symbiont of Reef's Invertebrates as a Sustainable Sources of Marine Natural Products. *Current Research in Bacteriology* 2(1):7-13.
- Sarjito, O.K. Radjasa, **A. Sabdono**, S.B. Prayitno and S. Hutabarat. 2009. Phylogenetic Diversity of the Causative Agents of Vibriosis Associated with Groupers Fish from Karimunjawa Islands, Indonesia. *Current Research in Bacteriology* 2(1):14-21..
- Radjasa, O.K., T. Martens., H-P. Grossart., T. Brinkoff., **A. Sabdono.**, and M. Simon. 2007. Antagonistic activity of a marine bacterium *Pseudoalteromonas luteoviolacea* TAB4.2 associated with coral *Acropora* sp. *J. Biol. Sci.* 7(2):239-246.
- Radjasa, O.K., SIO. Salasia., **A. Sabdono**, J. Weise, J.F. Imhoff, C. Lämmeler and M.J. Risk. 2007. Antibacterial activity of marine bacterium *Pseudomonas* sp. associated with soft coral *Sinularia polydactyla* against *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus*. *Int. J. Pharmacol.* 3(2):170-174.
- Radjasa, O.K., D. Nasima, **A. Sabdono**, K. Kita-Tsukamoto and K. Ohwada. 2007. Characterization of psychrotrophic bacteria from sea waters of Makasar Strait, Indonesia. *J. Biol. Sci.* 7(4):658-662.
- Radjasa, O.K., **A. Sabdono**, Junaidi and E. Zocchi. 2007. Richness of secondary metabolite- producing marine bacteria associated with sponge *Haliclona* sp. *Int. J. Pharmacol.* 3(3):275-279.

3. Jurnal Nasional Terakreditasi: Penulis Utama

- Sabdono, A.** 2010. Cadmium Removal by A Novel Coral Bacterium *Pseudoalteromonas* Sp. Strain GN15 Isolated From The Tissue of Coral *Goniastrea aspera* From Jepara Waters
- Sabdono, A.** 2009. An Assessment of Heavy Metal Concentrations in the Scleractinian Coral Tissues of Karimunjawa Archipelago, Indonesia
- Sabdono, A.** 2009. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Simbion Karang *Goniastrea aspera* Resisten terhadap Logam Berat Copper (Cu) dari P. Panjang, Jepara
- Sabdono, A.** 2007. Biodegradation of Chlorpyrifos By A Marine Bacterium *Bacillus Firmus* Strain BY6 Associated with Branching Coral *Acropora* Sp. *Coastal Development* 10 (2) : 115-123
- Sabdono, A.** 2007. Pengaruh Ekstrak Antifouling Bakteri Karang *Pelagiobacter Variabilis* Strain USP3.37 terhadap Penempelan Barnakel di Perairan Pantai Teluk Awur, Jepara. *Ilmu Kelautan* 12 (1) : 18-23
- Sabdono, A.,** OK. Radjasa., R. Stohr., and E. Zocchi. 2005. Diversity of culturable bacterial community associated with the coral *Galaxea fascicularis* from Ujung Kulon, Indonesia. *J. Coast. Dev.* 9:57-63.
- Sabdono, A.,** OK Radjasa., and WT Artama. 2003. Isolation and characterization of Paraquat herbicide-degrading bacterium associated with corals. *Indon. J. Mar. Sci.* 8: 1-7.

- Sabdono, A.,** OK Radjasa and J. Soedarsono. 2003. Characterization and identification of strain KM221, a novel MCPA herbicide-degrading bacterium isolated from coral surface, Menjangan Kecil island, Karimunjawa. *J. Coast. Dev.* 6: 127-133.
- Sabdono, A.** and J. Soedarsono. 2002. Spontaneous Curing of a Plasmid Carrying Genes for Degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetate from Coral Bacteria *Vibrio natriegens* Strain PP202. *Ilmu Kelautan Vol.7(28)*
- Sabdono, A.** 2001. Deteksi Gen Pendegradasi Senyawa Herbisida 2,4-Diklorofenoksi Asetat pada Bakteri Karang *Vibrio natriegens* Strain PP202. *Ilmu Kelautan Vol.5(19)*
- Sabdono A,** J Soedarsono, H Hartiko, WT Artama, OK Radjasa, K Kita-Tsukamoto, K Ohwada. 2000. Restriction fragment length polymorphism analysis of PCR amplified 16S rDNA of 2,4-D – degrading bacteria isolated from corals. *Indon J. Biotechnol.* 407-412.
- Sabdono, A.,** J. Soedarsono, H. Hartiko and W. T. Artama. 2000. Identification and Clasification of 2,4-D-Degrading Coral Bacteria Based on PCR and 16S rRNA Gene. *Ilmu Kelautan Vol.5(19):*
- Sabdono, A.,** Joetono, J. Soedarsono, H. Hartiko and W. T. Artama. 1998. Tolerance of Bacteria Associated with Corals to 2,4-Dichlorophenoxyacetate. *Ilmu Kelautan Vol.3(10):* 78-81
- Sabdono, A.,** Joetono, J. Soedarsono, H. Hartiko and W. T. Artama. 1998. Survey of 2,4-Dichlorophenoxyacetic

Acid Degradative Properties in Bacteria Associated with Corals. *Ilmu Kelautan Vol.3(10): 73-77*

Sabdono, A., Joetono, J. Soedarsono, H. Hartiko, W. T. Artama and S. Subandiyah. 1998. The Use of Pulse Gel Electrophoresis for Megaplasmid Isolation of 2,4-D Degrading Coral Bacteria. *Ilmu Kelautan Vol.3(11): 112-115*

4. Jurnal Nasional Terakreditasi: Penulis Anggota

- Radjasa, O.K. and **A. Sabdono**. 2009. Molecular Diversity of Secondary Metabolite-Producing Marine Microorganisms Associated with Indonesian Reef's Invertebrates. *Marine Research in Indonesia* 33 (2): 121-128.
- Radjasa, O.K., D.H. Kencana, **A. Sabdono**, R.A. Hutagalung and E.S. Lestari. 2007. Antibacterial Activity of Marine Bacteria Associated with Sponge *Aaptos* sp. Against Multi Drugs Resistant (MDR) Strains. *Jurnal Matematika & Sains* 12(4): 147-152
- Chrisna, A.S., **A. Sabdono**, B. Rochaddi and B.T. Susanti. 2007. Physico-chemical Characteristics and Heavy Metal Contents in Shallow Groundwater of Semarang Coastal Region. *Ilmu Kelautan* 12 (4) : 227-232
- Chrisna, A.S., **A. Sabdono**, B. Rochaddi and B.T. Susanti. 2007. Arsenic Contamination of the Coastal Aquifers in the North Coast of Java, Indonesia. *Ilmu Kelautan* 12 (4) : 227-232.
- Radjasa, O.K. and **A. Sabdono**. 2006. Phylogenetic Diversity of Secondary Metabolite Producing Bacteria Associated with Sponges from Bandengan Waters, Jepara. *Coastal Development* 10 (1) : 47-54
- Radjasa, O.K., T. Martens.,, H-P. Grossart, T. Brinkoff, **A. Sabdono**, M. Simon., and T. Bachtiar. 2005. Antibacterial property of a coral-associated bacterium *Pseudoalteromonas luteoviolacea* against shrimp

pathogenic *Vibrio harveyi*. HAYATI. Indon. J. Biosci. 12: 77-81.

Bachtiar, T., Radjasa, OK., and **A Sabdono**. 2004. Natural biodegradation of Coprostanol in an experimental system of three environmental conditions of Jakarta waters, Indonesia. *J. Coast. Dev.* 8:17-25.

Permata W.D., C.A. Suryono, **A. Sabdono** (2004). Growth of branching scleractinian coral *Acropora aspera*, *Stylophora pistillata* dan *Pocillopora damicornis* from cultured planulae in the laboratorium. Ind. J. Marine Science 9 (2): 86 – 89 (in Indonesian)

Permata W.D., C.A. Suryono, **A. Sabdono** (2004). Genetic uniformity of widely separated population of coral *Acropora aspera* from Karimunjawa and Panjang Island water revealed by partial sequence of internal transcribed spacer-4 regions. Ind. J. Marine Science 9 (3): 125 – 129

Radjasa, OK., and **A. Sabdono**. 2003. Screening of secondary metabolite-producing bacteria associated with corals using 16S rDNA-based approach. *J. Coast. Dev.* 7: 11-19.

PENDANAAN PENELITIAN KOMPETITIF

1. Pendekatan Eko Biologi dalam Upaya Rehabilitasi dan Perlindungan Terumbu Karang. Riset Unggulan Terpadu III 1995-1997 (Co-researcher).

2. Penerapan Senyawa Bioaktif dari Karang Lunak *Sinularia* sebagai Alternatif Antifoulant dalam Penanganan Biofouling di Lingkungan Laut . RISET UNGGULAN TERPADU V 1997-1998 (Co-researcher).
3. Kajian Biodegradasi Senyawa Pestisida Organoklorin pada Bakteri yang Berasosiasi dengan Karang serta Prospek Pemanfaatannya di Dalam Konservasi Ekosistem Terumbu Karang . RISET UNGGULAN TERPADU VIII 2001-2002 (Principal-Investigator)
4. Keanekaragaman genetik bakteri laut penghasil senyawa antibakteri dalam pengendalian penyakit pada udang. PENELITIAN DASAR 2003 (Co-researcher).
5. Kajian Biodegradasi Senyawa Koprostanol sebagai indikator pencemaran limbah domestic di perairan pantai utara Laut Jawa. HIBAH PASCA 2003-2005(Co-researcher).
6. Keanekaragaman Genetik Bakteri yang Berasosiasi dengan Karang Penghasil Senyawa Antibakteri dalam Upaya Pengendalian Black Band Disease pada Ekosistem Terumbu Karang. FUNDAMENTAL RISET 2004 (Principal-Investigator)
7. Screening Bakteri yang Berasosiasi dengan Karang Lunak Sebagai Alternatif Sumber Senyawa Bioaktif. PENELITIAN DASAR 2004 (Co-researcher).
8. The Search For Bioactive Compounds From Marine Invertebrate-Associated Bacteria As An Alternative Strategy For Protecting Indonesian Coral Reef

Ecosystems. Riset Unggulan Terpadu Internasional 2004-2006 (Co-researcher).

9. Eksplorasi Senyawa Bioaktif Antifoulant Bakteri yang Berasosiasi dengan Avertebrata Laut Sebagai Alternatif Penanganan Biofouling di Laut. HIBAH BERSAING 2005-2006 (Principal-Investigator)
10. Eko-bioteknologi Strategi Bakteri Karang Pendegradasi Pestisida untuk Konservasi Ekosistem Terumbu Karang di Pantai Utara Laut Jawa Riset Unggulan Terpadu XI 2004-2005 (Co-researcher).
11. Strategi Reproduksi dan Analisis Genetik Karang *Pocillopora damicornis* Dalam Upaya Perlindungan Ekosistem Terumbu karang. Riset Unggulan Terpadu XII 2005-2006 (Co-researcher).
12. Penelusuran Biologis Teripang Sebagai Sumber Senyawa Antimikroba (Penunjang Farmasi Bahari). HIBAH KEMITRAAN (HI-LINK) 2007-2009
13. Studi Ekobioteknologi Bakteri Karang Pengadsorpsi Logam Berat Didalam Upaya Konservasi Ekosistem Terumbu Karang Indonesia. HIBAH KOMPETENSI 2008-2009 (Principal-Investigator)
14. Strategi Geomikrobiologi untuk Perlindungan Sistem Air Tanah dari Pencemaran Pestisida dan Logam Berat sebagai Upaya Penyelamatan Sumber Air Minum pada Kota-kota Pantai Utara Jawa. PROGRAM INTENSIF Riset Dasar 2006-2007 (Co-researcher).
15. Bioprospeksi Moluska Dan Bakteri Simbionnya Dalam Rangka Penanganan Strain MDR (Multi Drug

Resistant). PROGRAM INTENSIF RISET DASAR 2007 (Co-researcher).

16. Penelusuran Biopigmen yang Ramah Lingkungan dari Bakteri yang Berasosiasi dengan Organisme Invertebrata Terumbu Karang. PROGRAM INTENSIF RISET DASAR 2007 (Co-researcher)
17. Bakteri Karang Pengadsorpsi Logam Berat. Hibah Kompetensi 2008-2010. (Principal-Investigator)
18. Strategi bioteknologi untuk perlindungan terhadap serangan Pink-Blotch di P. Sambangan. Hibah Strategis Nasional 2010 (Co-researcher)
19. Pathobiotechnology Strategy for Conservation of Indonesian Coral Reefs Against White Plaque Disease. PAR-C Ditnaga DIKTI, UNDIP-Lousiana State University, 2010. (Principal-Investigator)

SEMINAR/SIMPOSIUM/WORKSHOP

1. **Sabdono, A.** and O.K. Radjasa. 2007. Bioremediation Of Hazardous Waste Pollutants For Conservation Of Indonesian Coral Reefs. Nacional Seminar on Coral Reefs: From Ecology to Industry. Semarang, July 9, 2007.
2. **Sabdono, A.** and O.K. Radjasa. 2007. The Occurrence, Toxicity, and Degradation of Commercial Pesticides in Reef Building Corals of Java Sea, Indonesia. LIPI and JSPS Joint Seminar on Coastal Marine Science. Yogyakarta, Augus 3-5 , 2007.

3. Radjasa, OK., **A Sabdono.**, and T Bachtiar. 2006. Eco-biotechnological rationale in the search for secondary metabolite-producing bacteria associated with reef invertebrates. *Int. seminar and workshop on Marine biodiversity and their potential for developing bio-pharmaceutical industry in Indonesia. Jakarta.*
4. Radjasa, O.K. and **A. Sabdono.** 2006. Bioprospecting of marine microorganisms for pharmaceutical development. *National Seminar on Medical biotechnology and its related fields.* Diponegoro University, Semarang, Indonesia.
5. **Sabdono, A.**, OK. Radjasa., R. Stohr., and E. Zocchi. 2005. Diversity of culturable bacterial community associated with the coral *Galaxea fascicularis* from Ujung Kulon, Indonesia. *Int. Conference on Oceanography for Sustainable Development.* Kuala Lumpur, Malaysia.
6. Radjasa, OK., **A. Sabdono.**, and T. Bachtiar. 2005. Bioactive compounds from marine-invertebrate associated bacteria: A sustainable use of coral reef ecosystems. *Int. Conference on Oceanography for Sustainable Development.* Kuala Lumpur, Malaysia.
7. Pringgenies, P., **A. Sabdono** and O.K. Radjasa. 2005. Characterization of Multi-Degrading Bacterium Associated with Corals on Pesticide Compounds Isolated from Karimunjawa Island, Indonesia. *Int. Conference on Oceanography for Sustainable Development.* Kuala Lumpur, Malaysia.

8. Radjasa, OK and **A Sabdono**. 2005. Eco-biotechnological strategy of pesticide-degrading coral bacteria for the conservation of coral reef ecosystems. The 3rd UNU & GIST Joint Programme Workshop on Environment and Sustainable Development: *New Trends in Biotechnological and Geochemical Approaches for Sound Management of Hazardous Chemicals*. Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju, South Korea.
9. Bachtiar, T., OK Radjasa., and **A. Sabdono**. 2005. Natural biodegradation of Coprostanol in an experimental system under three environmental conditions of Jakarta waters, Indonesia. *2nd Regional. Symp. Environment and Natural Resources*. Kuala Lumpur, Malaysia.
10. Bachtiar, T., OK Radjasa., **A. Sabdono** and TY Atmojo. 2004. Existence comparison between Coliform bacteria and Coprostanol as indicators of domestic wastes in Indonesian urban coastal waters. *Proc. 6th Asian. Symp. Academic Activities for Waste Management*. Padang, Indonesia.
11. **Sabdono, A.** dan O.K. Radjasa. 2004. Keanekaragaman genetik bakteri laut penghasil senyawa antibakteri dalam pengendalian penyakit pada udang. Seminar Nasional Hasil Penelitian Dasar Tahun 2003, Jakarta, 12-14 Juli.
12. **Sabdono, A.** 2003. Biodiversitas Bakteri Karang Pendegradasi Senyawa Pestisida Dan Prospek Pemanfaatannya Di Dalam Perlindungan Ekosistem Terumbu Karang. Coremap: Pembelajaran

- Pengelolaan Terumbu Karang Indonesia, Jakarta, 23-25 Juni (Pemakalah).
13. International Seminar on Biotechnology for Sustainable Agriculture. Seameo-Biotrop Bogor, 7-8 October 2003 (Peserta).
 14. Seminar Nasional Hasil Penelitian Undip. Semarang, 13 Maret 2003 (Pemakalah)
 15. Konferensi Nasional III Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Indonesia. Sanur, Bali 21-24 Mei 2002 (Pemakalah)
 16. **Sabdono, A.**, Joetono, J. Soedarsono, H. Hartiko dan W.T. Artama. 1998. Isolasi dan Analisis Genetik Bakteri Karang Pendegradasi Pestisida di Pantai Utara Laut Jawa. Seminar Bioteknologi Kelautan I. Jakarta, 14-15 Oktober.
 17. Konferensi Nasional Pusat Studi Lingkungan ke-14. Kampus ITS, Surabaya 21-22 Oktober 1998 (Pemakalah).
 18. Radjasa OK, **A Sabdono**, Suharsono. 1997. Possible development of environmentally friendly marine antifoulant from soft corals. *Proc. Int. Symp. Future issues of research on science and technology (FIRST'97)*. Tokyo, Japan. Pp. 6-8.
 19. Bachtar T., **A Sabdono.**, and OK Radjasa. 1997. Study on the impact of environmental stresses: sedimentation, temperature, salinity and heavy metals on corals *Porites* sp., *Goniastrea* sp., and *Galaxea* sp. from North Coast of Java, Indonesia. *Proc. Int. Symp.*

Future issues of research on science and technology (FIRST'97). Tokyo, Japan. Pp. 9-12.

20. Seminar Bioteknologi Pengamanan Laboratorium dan Kesehatan Lingkungan. 5 Desember 1996 (Peserta).
21. Simposium Bioakumulasi Metal. Yogyakarta, 17-20 September 1996
22. Seminar Nasional Pengelolaan Terumbu Karang di Indonesia. Jakarta 10-12 September 1995 (Peserta)
23. Seminar Nasional Hasil Penelitian Perguruan Tinggi. Sawangan-Bogor, 2-6 Januari 1994 (Pemakalah)

BUKU/PROSIDING

- Agus Sabdono**, 2010. Bakteri Karang Resisten Metal Berat. Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang. (Inpress).
- Agus Sabdono**, 2008. " *Pathologi Karang* " 2008. 99 hal. Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Bachtiar, T., OK Radjasa., **A. Sabdono** and TY Atmojo. 2004. Existence comparison between Coliform bacteria and Coprostanol as indicators of domestic wastes in Indonesian urban coastal waters. *Procc. 6th Asian. Symp. Academic Activities for Waste Management*. Padang, Indonesia.
- Radjasa OK**, A Sabdono, Suharsono. 1997. Possible development of environmentally friendly marine antifoulant from soft corals. *Proc. Int. Symp. Future*

issues of research on science and technology (FIRST'97). Tokyo, Japan. Pp. 6-8.

TANDA PENGHARGAAN

1. Dosen Teladan II Fakultas Perikanan Kelautan (2007)
2. Satyalencana Karya Satya 20 tahun (2009)
3. Piagam penghargaan 25 tahun (2010)

KEANGGOTAAN ORGANISASI PROFESI

1. Association of Diving School International (ADS)
2. Persatuan Olahraga Selam Seluruh Indonesia (POSSI)
3. Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI)
4. Himpunan Kimia Bahan Alami Indonesia